

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Perdas Aparentes - Ilícitos **Metodologias de Detecção com Algoritmos de** ***Machine Learning***

Dissertação de Mestrado

de

João Pedro Teixeira e Costa

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizado em

Águas do Porto/Unidade Orgânica de Gestão da Dívida



Orientador na FEUP: Prof. Joaquim Poças Martins

Orientadora na AdP: Dr^a. Susana Sousa

Departamento de Engenharia Química

Outubro de 2019

Aos meus pais e ao meu irmão

The Cave You Fear To Enter Holds The Treasure You Seek

(A caverna que temes entrar tem o tesouro que procuras)

Joseph Campbell

Agradecimentos

A concretização deste trabalho não seria possível sem o contributo de algumas pessoas que, com o seu apoio imprescindível, possibilitaram a sua execução. Como tal, não posso deixar de agradecer e destacar:

O Prof. Joaquim Poças Martins, pela oportunidade concedida da realização da dissertação na Águas do Porto, EM, onde foi possível entrar em contacto com o mundo empresarial. Agradeço a sua orientação, o seu espírito inovador e a disponibilidade demonstrada.

A Dra. Susana Sousa e a Eng. Maria João Oliveira, que sempre se demostraram solícitas em todas as fases do trabalho. Agradeço ainda a confiança em mim depositada, que sem dúvida contribuiu para a finalização do trabalho proposto.

Agradeço também, a todas as pessoas do Gabinete de Gestão da Dívida, Sr. Ribeiro, Sr. Rui, D.^a Maria João, Paula Malheiro, pela simpatia, colaboração e sentido de humor, que permitiram uma melhor integração da minha parte e a todos os colaboradores da sala vizinha, Carla e Magda, pelo apoio, simpatia e cooperação demonstrados ao longo destes meses e que por isso contribuíram, direta e indiretamente, para a concretização do trabalho, bem como ao João Lopes da unidade orgânica de informática, pela disponibilização no fornecimento dos dados pedidos da base de dados, da AdP.

Ainda a agradecer aos elementos das equipas de cortes, pois sem eles não seria possível ter resultados no terreno, em especial ao Sr. Alexandre, Sr. Rui Pinto, Sr. Simões e Sr. Bruno com os quais percorri alguns quilómetros, na cidade do Porto, à caça das várias instalações das minhas listas. Reforçando de novo, o trabalho prévio que o Sr. Ribeiro tinha, ao verificar as mesmas.

A Beatriz Pimenta e Pedro Alves, pelo apoio e sobretudo pelos momentos de descontração indispensáveis, após horas de trabalho.

Os meus pais, irmão e toda a minha família que sempre me incentivaram nesta e em todas as fases do meu percurso académico.

Resumo

As perdas de água são uma das principais fontes de ineficiência das empresas de abastecimento de água e dividem-se em perdas reais e aparentes. As últimas, têm uma importância acrescida pelo facto de representarem um impacto económico maior, para a entidade gestora.

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, na Águas do Porto e teve como principal objetivo a deteção e previsão de consumos ilícitos, de água, como meio de redução das perdas aparentes em sistemas de abastecimento. A previsão destes ilícitos foi feita através da utilização de algoritmos de *Machine Learning*, em linguagem *Python*. Criando-se assim, uma nova e inovadora metodologia na deteção de ilícitos.

Além de se ter calculado os consumos de água por parte dos ilícitos e os prejuízos associados, calculou-se também, as poupanças obtidas com a utilização do programa desenvolvido.

A grande vantagem desta nova metodologia é que, a par de uma rigorosa e atualizada base de dados, permite a previsão de ilícitos de uma forma rápida, imediata e sem custos para a EG, permitindo, assim, rentabilizar e otimizar as visitas efetuadas ao cliente, aumentando a taxa de sucesso das vistorias e garantindo a Sustentabilidade Económica da Empresa.

Palavras Chave (Tema): Perdas Aparentes, Ilícitos, Python, Machine Learning, Decision Tree's.

Abstract

Water losses are a major source of inefficiency for water utilities and are divided into real and apparent losses. The latter are of greater importance because they have a greater economic impact on the management entity.

The dissertation was developed in a business environment in Águas do Porto and its main objective was the detection and prediction of illicit water consumption as a means of reducing apparent losses in supply systems. The prediction of these illicit was made through the use of Machine Learning algorithms, in Python language. Thus creating a new and groundbreaking methodology in illicit detection.

In addition to calculating the illicit water consumptions and costs, it was also calculated the savings obtained through the use of the developed program.

The major advantage of this new methodology is that, alongside a rigorous and up-to-date database, it allows the prediction of illicit activities in a fast, immediate way and free of charge for managing entities, thus allowing to monetize and optimize the visits made to the customer, increasing the success rate of surveys and ensuring the Economic Sustainability of the Company.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação do Problema.....	1
1.2	Organização da Dissertação	3
1.2.1	Capítulo 1 - Introdução.....	3
1.2.2	Capítulo 2 - Estado da Arte	3
1.2.3	Capítulo 3 - Âmbito e Objetivos	3
1.2.4	Capítulo 4 - Apresentação da Empresa	4
1.2.5	Capítulo 5 - Trabalho Realizado	4
1.2.6	Capítulo 6 - Resultados.....	4
1.2.7	Capítulo 7 - Conclusões	4
1.2.8	Capítulo 8 - Recomendações para Trabalhos Futuros.....	4
2	Estado da Arte	5
2.1	Introdução ao Tema	5
2.2	Regulação do Abastecimento de Água e Saneamento na Europa	6
2.2.1	Questionário aos 27 Estados Membros da UE.....	7
2.3	Setor das Águas em Portugal.....	8
2.3.1	A Regulação do setor do abastecimento de Água e Saneamento.....	8
2.3.2	Regulação noutros Países da CPLP.....	9
2.4	Regulação na Ásia	10
2.4.1	Indonésia	11
2.4.2	Filipinas	11
2.5	Nova Estratégia para o Setor de AA e AR.....	11
2.5.1	PENSAAR 2020	11
2.5.2	Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos	11
2.5.3	Relação das Entidades Gestoras com os Utilizadores dos Serviços.....	13
2.5.4	Análise de Reclamações dos Utilizadores dos Serviços	14
2.5.1	Agregação dos Serviços:.....	14
2.5.2	Controlo e Qualidade da Água	14

2.6	Sistemas de Abastecimento de Água	15
2.7	Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento	16
2.7.1	Monitorização e Controlo de Perdas.....	19
2.8	Perdas Reais.....	20
2.8.1	Gestão das Perdas Reais	24
2.9	Perdas Aparentes	25
2.9.1	Imprecisão de Contadores	27
2.9.2	Intervenções ilícitas sobre o medidor	27
2.9.3	Subfacturação (erros ou fraude do leitor/cliente)	27
2.10	Contadores	29
2.10.1	Dimensionamento.....	30
2.10.2	Obrigações da EG e do Cliente.....	30
2.10.3	Ler o Contador	31
2.10.4	Incertezas de um Contador.....	31
2.10.5	Tipos de Contadores.....	32
2.10.6	Erros nas medições de um Contador	33
2.11	Tipos de Ações não Autorizadas e Usos Ilegais	34
2.11.1	Ações não autorizadas relacionadas à Ligação e contador.....	34
2.11.2	Uso não autorizado de equipamentos da rede.....	35
2.11.3	Interligação com uma fonte de água local	35
2.12	Identificação e Investigação de Casos de Uso Ilegal	35
2.12.1	Responsabilidades da EG, nos ilícitos	36
2.12.2	Procedimentos para identificação e investigação Bypass	37
2.12.3	Procedimentos para identificação e investigação de contadores revertidos, aberturas abusivas, de picagens e adulteração de contadores.....	38
2.13	Quantificação do consumo não autorizada.....	40
2.13.1	Conjunto de ações corretivas	41
2.13.2	Deteção de Aberturas Abusivas	41
2.13.3	Métodos e Ferramentas	42
2.13.4	Deteção simultânea de vazamentos não visíveis e ligações não autorizadas	42

2.13.5	Radar penetrante no solo (GPR)	43
2.14	Sustentabilidade e Preservação de Resultados Alcançados a Longo Prazo	43
2.14.1	Melhorar a gestão de clientes.....	43
2.14.2	Condições a serem cumpridas.....	44
2.14.3	Organização da EG de águas para mitigação de perdas comerciais	44
2.14.4	Outros Métodos para Detecção de Ilícitos	45
2.15	Detecção de Ilícitos com Videoscopia	47
2.16	Consumo não autorizado, caso prático EPAL	50
2.16.1	Custos à Entidade Gestora face a Ilícitos.....	51
2.16.2	Detecções provenientes das Vistorias	52
2.17	Programação para Detecção de Consumos Anómalos	55
2.17.1	Tipos de <i>Machine Learning</i> (ML)	56
2.17.2	Algoritmos mais comuns de Machine Learning.....	57
2.18	Decreto Lei 194/2009	62
2.19	Carácter Penalizador e Dissuasor do Processo Contraordenacional.....	62
2.20	Conclusão do Estado da Arte.....	65
3	Âmbito e Objetivos	67
3.1	Âmbito	67
3.2	Objetivos	67
4	Apresentação da Empresa.....	69
5	Trabalho Realizado	73
5.1	Idas ao terreno	73
5.2	Contadores Inteligentes	78
5.3	Detecção de Ilícitos, nos últimos anos, na AdPorto.....	79
5.4	Abordagem Inicial às Perdas	80
5.4.1	Vistoria às instalações com sobremedição no totalizador.....	85
5.5	Idealização do Programa, em Python	86
5.5.1	Teste do Conceito do Programa, em Excel	87
5.6	Programa nº 1, sem ML	88

5.6.1	Primeiro teste do programa em Python.....	91
5.6.2	Síntese do algoritmo usado no Programa nº 1	93
5.6.3	Ida ao terreno para verificação das listagens.....	94
5.7	Programa nº 2, com ML	95
6	Resultados.....	99
6.1	Critérios da Análise de Resultados.....	99
6.1.1	Resultados da Ida ao terreno nº 1	100
6.1.2	Resultados Ida ao terreno nº 2, zona A	101
6.1.3	Resultados Ida ao terreno nº 3, zona B	103
6.1.4	Resultados Ida ao terreno nº4, zona C	106
6.1.5	Resultados da Ida ao Terreno nº 5.....	109
6.1.6	Resultados da Ida ao terreno nº 6, continuação 1.....	111
6.1.7	Resultados Ida ao terreno nº7, continuação 2	114
6.1.8	Resultados Ida ao terreno nº8, instalações Cortadas (continuação 2).....	116
6.1.9	Resultados Ida ao terreno nº9, nova listagem	118
6.2	Análise global dos resultados obtidos com o Programa 1, sem ML	121
6.3	Programa de ML <i>Decision Tree</i>, Programa 2.....	123
6.3.1	Colmatção da vulnerabilidade herdada do programa 1	126
6.4	Validação do Programa Nº 2	129
6.4.1	Visualização dos mapas da etapa da Validação.....	132
7	Conclusões	137
8	Recomendações para Trabalhos Futuros	141
	Referências	143
Anexo 1	Microturbinas (Lusa 2018).....	147
Anexo 2	A problemática do “contador padrão” (Mendes 2014)	149
Anexo 3	Acórdão do Tribunal da Relação de Lisboa (Tribunal da Relação de Lisboa 2016) 151	
Anexo 4	Código Programa Nº 1, sem ML	153
Anexo 5	Código Programa Nº 2, com ML, DT.....	161

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Valores que marcaram o Dia Mundial da Água, de 2017 (Naves 2017).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 - Objetivos operacionais definidos no PensaAR 2020.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3 - Captação de água (L&L Engenharia Ambiental 2018)</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4 - Balanço Hídrico (Sousa, Oliveira, e Teixeira 2016).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5 - Setorização da Rede (Martins 2018)</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6 - Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético (Epal 2015)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7 - Abordagem Bottom-Up (Epal 2015)</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8 - Consumos mínimos noturno e estimativa das perdas reais potencialmente recuperáveis (Epal 2015).....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9 - Recuperação das Perdas Reais (Epal 2015).</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10 - Consumo não Autorizado (Martins 2018)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 11 - Tipos de Consumo não Autorizado, JMP 2018.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12 - Controlo de perdas aparentes em ZMC com 100% de telemetria (Epal 2015).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13 - Metodologia de Redução de Perdas Aparentes (Martins 2018).</i>	<i>29</i>
<i>Figura 14 - Leitura num Contador (ERSAR 2013).</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15 - Redução de Erros de Medição (Martins 2018).</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16 - Contador Volumétrico (Janz - Contagem e Gestão de Fluidos 2018)</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17 - Causas de Erro de Medição nos Contadores (Martins 2018).....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18 - Esquema típico de Contador com Bypass (UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme 2013).</i>	<i>38</i>
<i>Figura 19 - Esquema para identificar bypass ou ligações ilegais (UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme 2013).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 20 - Representação de um contador em conduta vertical (Mercom Water Products 2019).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21 - Procedimento para videoscopia (Pereira 2019).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 22 - Derivações em “T” ou bypass (Pereira 2019).</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23 - Picagens (Pereira 2019).</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24 - Videoscópio (APDA 2017).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25 - Relação entre o volume e o valor financeiro de cada componente.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 26 - Consumo ilícito detetado (“t”) identificado através de videoscopia (APDA 2017)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 27 - “Bypass” ao contador.....</i>	<i>52</i>

<i>Figura 28 - Exemplos contadores adulterados</i>	<i>53</i>
<i>Figura 29 - Ligações diretas nos berços dos contadores.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 30 - Balanço hídrico de uma ZMC</i>	<i>54</i>
<i>Figura 31 - Exemplo de síntese DT (Swamynathan 2017).</i>	<i>59</i>
<i>Figura 32 - Ciclo do Processo Contraordenacional (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017).</i>	<i>63</i>
<i>Figura 33 - Organograma da Empresa.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 34 - Tabelado Relatório de Contas 2018 (CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto EM 2018).</i>	<i>70</i>
<i>Figura 35 - Volumes de Negócio (CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto EM 2018)</i>	<i>70</i>
<i>Figura 36 - Contador com mecanismo interno adulterado.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 37 - Adufa enferrujada e sujeita e rotura.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 38 - Chave de manobras usada para cortar e reabrir o AA na presa ou tomada.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 39 - Ligações diretas em nicho de contador</i>	<i>76</i>
<i>Figura 40 - Adufa normal à direita e macho cego à esquerda.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 41 - Aberturas Abusivas</i>	<i>77</i>
<i>Figura 42 - Contador inteligente, instalado pelas AdP, numa instalação piloto</i>	<i>78</i>
<i>Figura 43 - Parte do Excel com Contadores Totalizadores e Divisionários</i>	<i>81</i>
<i>Figura 44 - Parte do Excel utilizado para obtenção da probabilidade de ilicitude</i>	<i>88</i>
<i>Figura 45 - Print de parte do código do Programa N° 1.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46 - Resultados visualizados no Spyder.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 47 - Base de dados, Contratos novos não faturados com Estado de habitação Vago/ Devoluto ..</i>	<i>91</i>
<i>Figura 48 - Contratos em Vigor, Habitados com Historial de Ilícitos, mas não cortados.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 49 - Import 's programa nº1.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 50 - Import, PG (nº 2) ML</i>	<i>96</i>
<i>Figura 51 - Import, Criação do Modelo Guardado.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 52 - Selo de corte violado</i>	<i>101</i>
<i>Figura 53 - Selo de corte removido.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 54 - Selo na adufa, duplamente violado e posterior reposição da legalidade.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 55 - Abertura abusiva e selo enferrujado.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 56 - Colocação do selo de corte</i>	<i>111</i>
<i>Figura 57 - Adufa fantasma</i>	<i>114</i>

<i>Figura 58 - Adufa embutida</i>	<i>116</i>
<i>Figura 59 - Adufa sem selagem viável</i>	<i>118</i>
<i>Figura 60 - Selo de corte dentro de contador</i>	<i>120</i>
<i>Figura 61 - Árvore de Decisão de Ilícitos</i>	<i>125</i>
<i>Figura 62 - Árvore de Decisão de Ilícitos, com Contratos Rescindidos e Suspensos</i>	<i>127</i>
<i>Figura 63 - Mapa com Ilícitos do Programa de ML</i>	<i>128</i>
<i>Figura 64 - Mapa do Programa de ML, legenda por CAE.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 65 - Mapa do Programa de ML, legenda por Histórico de Ilícitos.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 66 - Mapa com Ilícitos do Programa de ML para Validação.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 67 - Mapa do Programa de ML, legenda por CAE, para Validação.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 68 - Mapa do Programa de ML, legenda por Histórico de Ilícitos, para Validação.</i>	<i>134</i>

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 - Distribuição das instalações de acordo com as Percentagens do Programa, antes e depois de ir ao terreno, tendo em conta o acesso</i>	<i>100</i>
<i>Gráfico 2 - Distribuição das Instalações da Zona B, com probabilidade superior a 70%.....</i>	<i>102</i>
<i>Gráfico 3 - Ida ao terreno nº3, Resultados das Visitas</i>	<i>104</i>
<i>Gráfico 4 - Ida ao Terreno nº3, ilícitos confirmados nas Casas c/ Acesso</i>	<i>105</i>
<i>Gráfico 5 - Resultados Vistorias, ida ao terreno nº4</i>	<i>107</i>
<i>Gráfico 6 - Casas com Acesso, ida ao terreno nº4.....</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico 7 - Resultados das visitas, visita nº 5</i>	<i>109</i>
<i>Gráfico 8 - Instalações com acesso, visita nº 5</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 9 - Resultados das Visitas nº 6</i>	<i>112</i>
<i>Gráfico 10 - Casas com Acesso, nº 6</i>	<i>113</i>
<i>Gráfico 11 - Resultados das vistorias, nº 7.....</i>	<i>115</i>
<i>Gráfico 12 - Casas com aceso, nº 7.....</i>	<i>115</i>
<i>Gráfico 13 - Resultados das vistorias, nº 8.....</i>	<i>117</i>
<i>Gráfico 14 - Casas com aceso, nº 8.....</i>	<i>117</i>
<i>Gráfico 15 - Resultados Ida ao Terreno, nº 9.....</i>	<i>119</i>
<i>Gráfico 16 - Casas com acesso, nº 9.....</i>	<i>119</i>
<i>Gráfico 17 - Gráfico de Validação 1, feito em Python.....</i>	<i>131</i>
<i>Gráfico 18 - Gráfico de Validação 2, feito em Python.....</i>	<i>132</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 - Quantidade de Ilícitos, descoberta nos referidos anos e respetiva média.</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 2 - Quantidade de Contadores</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 3 - Medições dos Contadores, foque no tipo de Contador</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 4 - Medição dos Contadores, foque na Telemetria.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 5 - Valores dos Contadores</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 6 - Valor Parcelar de cada tipo de contador</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 7 - Erro associado aos 3 Contadores com Mínimo Excedente</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 8 - Percentagem que não passa nos Divisionários</i>	<i>85</i>

Notação e Glossário

€	Euro
m ³	Metros cúbicos

Lista de Siglas

AA	Abastecimento de Água
CPLP	Comunidade dos Países de Língua Portuguesa
EG	Entidade Gestora
EMAP	Empresa Municipal de Ambiente do Porto, EM, SA
ER	Entidades Reguladoras
IA	Inteligência Artificial
IDQA	Introdução de Dados da Qualidade da Água
IPAC	Instituto Português de Acreditação, IP
ONU	Organização das Nações Unidas
PCQA	Programa de Controlo da Qualidade da Água
RESIURB	Associação de Municípios para o Tratamento de Resíduos Sólidos
SAA	Sistemas de Abastecimento de Água
UE	União Europeia

1 Introdução

1.1 Apresentação do Problema

A procura do Homem por melhores condições de vida é o motor que nos propõe na contínua inovação a nível industrial e tecnológico, que proporcionam grandes alterações nos padrões de vida da sociedade. Porém, para assegurar o nosso atual estilo de vida altamente tecnológico, é essencial assegurar primeiramente as condições básicas de vida do indivíduo, nomeadamente, assegurar o acesso à água. A água, é assim essencial à vida e nos últimos anos tem sido cada vez mais assinalada como um recurso escasso, pelo que a própria ONU a reconheceu como um Direito Humano Fundamental, já no ano de 2010.

Sendo assim, os sistemas de abastecimento de água (SAA) são indispensáveis numa urbanização moderna, como é o caso de Portugal, onde apesar destes sistemas já estarem largamente instalados, ainda há uma grande margem de manobra para minimizar as perdas de água reais e aparentes. No caso específico de Portugal, as perdas rondam os 30 %, considerado pela própria ERSAR, a Entidade Reguladora do país, como “insatisfatório”. Sendo importante ressaltar, que existem bastantes Entidades Gestoras que não referem o valor das perdas à Entidade Reguladora competente e que o município que apresenta maiores perdas de água (Macedo de Cavaleiros), tem perdas de 81 %, declaradas no ano de 2018.

As perdas de água, são então o próximo passo depois da implementação dos sistemas de AA, onde as perdas aparentes, apesar de representarem um volume inferior relativamente às perdas reais (as aparentes são cerca de um terço, em volume, das reais), a nível económico são mais significativas, uma vez que a sua valorização é feita ao preço de venda da água que é cerca de quatro vezes superior ao custo por metro cúbico das perdas reais, valorizadas ao preço de compra.

Neste sentido, a maioria das entidades gestoras (EG), em Portugal, desempenham uma má gestão, devido à incapacidade técnica, aos problemas culturais e muitas vezes ao próprio desleixo, que levam a perdas de água elevadas, significativas nos ganhos das EG. Por conseguinte, elevados níveis de água não faturada, decorrem na prestação de um serviço de má qualidade para o cliente. Estas entidades gestoras, têm assim, que ser responsabilizadas; pois com a atual conjuntura de sustentabilidade ambiental, dos princípios sociais e económicos e do próprio acesso a inovadoras metodologias de redução e minimização das perdas, valores de perdas de água superiores a 20 %, tornam-se completamente inaceitáveis.

Como já mencionado, as perdas de água podem então ser divididas em dois grupos, as físicas ou reais: que totalizam a água perdida em fugas na rede e reservatórios; e as perdas de água

comerciais ou aparentes: que traduzem o consumo não autorizado e os erros de medição, tratando-se de água que é consumida de um modo indevido, não faturado ou ilícito.

Na perspetiva da melhoria da qualidade do serviço prestado aos seus clientes e no intuito de contribuir para o aumento da eficiência e da diminuição significativa das perdas, as EG portuguesas, públicas ou privadas, enfrentam assim novos desafios colocados pela União Europeia, procurando atender a múltiplos aspetos da gestão operacional e estratégica dos sistemas, de modo a alcançar níveis de qualidade já existentes nalguns dos países mais avançados da Europa.

Deste modo, denota-se assim, um maior intento de algumas EG em apostar em soluções inovadoras, com recurso a uma análise multidisciplinar, fruto de desenvolvimentos tecnológicos e da evolução das prioridades da gestão efetuada. Este tipo de diretrizes, origina assim o desenvolvimento de novas práticas e metodologias, como a que é demonstrada na presente dissertação, mais concretamente, na utilização de algoritmos de *Machine Learning*.

Este tipo de metodologias, acaba por ser indispensável na gestão diária das entidades gestoras, pois, tal como no caso das perdas reais que necessitam de uma constante verificação das condutas, ramais e reservatórios na procura de fugas, as perdas aparentes também necessitam de constante fiscalização e vistorias às instalações dos clientes. Porém, é impossível fiscalizar todos os ramais e todas as instalações de uma dada EG, neste caso, da Águas do Porto, que tem que gerir toda a cidade do Porto, à procura de fugas e ilícitos. A empresa em causa, abastece cerca de 159 000 clientes, o que implica, no caso das perdas aparentes, visitar todas estas instalações com regularidade à procura de ilícitos. Tarefa esta, além de tremendamente dispendiosa, um feito verdadeiramente hercúleo.

Para reduzir esta área de busca é então necessário arranjar metodologias que nos levem a encontrar instalações e por isso clientes, onde seja mais provável a ocorrência de um ilícito. Para isso, foi desenvolvido um programa utilizando *Machine Learning*, que ao analisar seis variáveis, também elas determinadas nesta dissertação, nos dão as instalações mais prováveis de conterem ilícitos. Reduzindo, assim, o número de instalações que a EG tem que fiscalizar com maior regularidade e aumentando a sustentabilidade económica da mesma.

Esta inovadora metodologia é uma nova abordagem a um problema que já existe há bastante tempo e que impede a redução das perdas aparentes, nomeadamente nos consumos não autorizados (ilícitos). Esta nova metodologia, apresenta-se como uma mais valia numa estratégia integrada de gestão, que complementada com as atuais e diversas metodologias de minimização das perdas reais e dos erros de medição (integrantes das perdas aparentes), vai reduzir as perdas de água das entidades gestoras, o que se traduz na indubitável diminuição da água não faturada; gerando empresas economicamente sustentáveis e respeitadoras de um recurso escasso e fundamental à condição humana.

1.2 Organização da Dissertação

A presente dissertação pretende mostrar a importância e utilidade da deteção e controlo de consumos ilícitos na redução das perdas aparentes dos SAA. Para isto, começou-se por fazer uma contextualização do tema através do estado da arte. De seguida, procedeu-se à análise do caso de estudo e por fim retirou-se as conclusões do mesmo.

1.2.1 Capítulo 1 - Introdução

No primeiro capítulo, faz-se uma breve contextualização do tema da dissertação, bem como da relevância do mesmo na melhoria da eficiência da utilização dos recursos hídricos e no aumento da Sustentabilidade Económica, nas empresas de abastecimento de água.

1.2.2 Capítulo 2 – Estado da Arte

No segundo capítulo, é apresentada a recolha bibliográfica feita para a dissertação.

Em primeiro lugar, é feita uma breve contextualização dos SAA, em Portugal e noutros países, sobretudo os de língua lusa.

Seguidamente, foram abordadas as perdas de água nos SAA, com maior detalhe para as perdas aparentes e os seus diversos causadores.

Posteriormente, referem-se alguns dos algoritmos usados em *Machine Learning*, com especial incidência nas *Decision Tree*, uma vez que foi o algoritmo usada no programa criado.

Apresentou-se, também, a importância do processo contraordenacional e da suspensão do fornecimento de água no combate às perdas aparentes.

Por fim, apresenta-se uma conclusão do estado da arte, que salienta os pontos mais importantes da recolha bibliográfica.

1.2.3 Capítulo 3 – Âmbito e Objetivos

Neste capítulo, destacaram-se os fatores mais pertinentes em que incidiu esta dissertação em ambiente empresarial.

Como tal, foi definido o principal objetivo desta dissertação como sendo a criação de um programa em *Machine Learning* para a Deteção de Ilícitos, integrado como medida de redução das perdas aparentes em empresas de águas e utilizando a cidade do Porto como caso de estudo prático.

1.2.4 Capítulo 4 – Apresentação da Empresa

Neste capítulo é efetuada uma breve descrição da empresa Águas do Porto, EM onde foi realizada a presente dissertação.

1.2.5 Capítulo 5 – Trabalho Realizado

No capítulo cinco, mencionou-se todo o trabalho que se executou até à criação do programa em *Machine Learning*. Desde uma primeira abordagem aos contadores divisionários e totalizadores, passando pela criação de um mais abrangente programa de previsão de ilícitos sem *Machine Learning*, até se culminar no programa final com *Machine Learning*, com um algoritmo de *Decision Tree*.

1.2.6 Capítulo 6 – Resultados

No capítulo seis, encontram-se os gráficos e a análise crítica dos resultados obtidos com o programa número 1 e a culminação dos resultados com o a validação do programa número 2.

Apresenta-se ainda, as poupanças que a EG obteria caso solucionasse todos os ilícitos encontrados pelo programa (nº 2) criado.

1.2.7 Capítulo 7 – Conclusões

No capítulo sete, foram descritas as principais conclusões da dissertação.

1.2.8 Capítulo 8 – Recomendações para Trabalhos Futuros

No último capítulo, são feitas algumas recomendações para eventuais trabalhos futuros, efetuados nesta área.

2 Estado da Arte

2.1 Introdução ao Tema

“As atividades de abastecimento público de água às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos constituem serviços públicos de caráter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Devem por isso obedecer a um conjunto de princípios, entre os quais se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade do serviço, a eficiência e a equidade de preços” (ERSAR 2018).

“O setor de águas e resíduos contribui significativamente para o desenvolvimento económico e social do País, tanto pela capacidade de gerar atividade económica e de criar emprego e riqueza, como pela crescente melhoria que tem conferido às condições de vida da população, gerando externalidades económicas noutros setores” (ERSAR 2018). A Lei n.º 23/96, de 26 de julho - Lei dos Serviços Públicos Essenciais - ratifica como serviços públicos essenciais, entre outros, o setor das águas.

Na década de 90 do século passada iniciam-se os grandes investimentos nos serviços públicos de águas e saneamento o que permitiu um progresso extraordinária deste setor. O verdadeiro impulso, no abastecimento de água e no saneamento de águas residuais, em Portugal acontece em 1993, ano em que são criados os sistemas multimunicipais e se constituem as empresas gestoras com a participação das Águas de Portugal.

“Cabe-nos agora assegurar a sustentabilidade desses investimentos a longo prazo, garantindo a melhoria do ambiente, o aumento da eficiência e o desenvolvimento de um setor que pode, de forma muito expressiva, contribuir para o crescimento da economia verde em Portugal” (APA 2015).

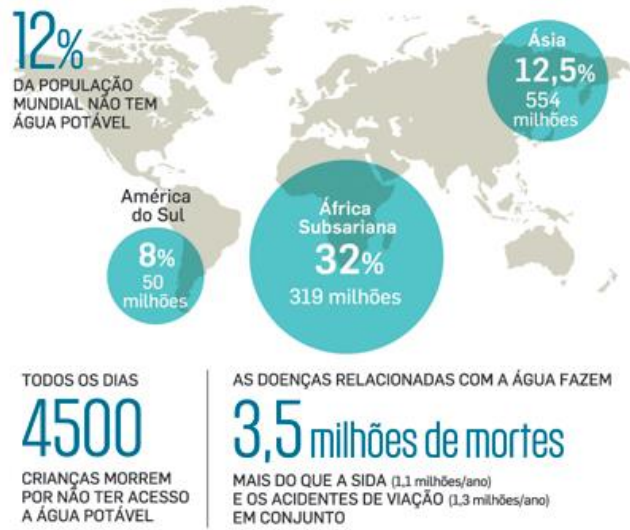
Consolidada a estabilidade no âmbito do abastecimento de água à população, tem este setor, novos incentivos para uma eficiente gestão dos recursos, nomeadamente o crescimento verde.

“A água que se perde antes de chegar às torneiras dos portugueses, entre a que é distribuída gratuitamente, as fugas por ruturas ou mau uso e os consumos ilícitos ascende a cerca de 30% do total envolvido no abastecimento público, no país, e representa uma verba da ordem dos 235 milhões de euros anuais que deixam de ser cobrados pelos municípios” (Naves 2017). Estes valores são apresentados pela Associação Ambientalista Zero, que aponta o desperdício, (por fuga, roturas ou mau uso) como contributos para insustentabilidade do sistema.

Dia mundial da água

Para assinalar a data, o Conselho Mundial da Água faz um balanço das profundas carências com que uma parte substancial da humanidade ainda se debate. 12% da população mundial não tem acesso a água potável, 4500 crianças morrem diariamente por causa disso e 3,5 milhões de pessoas morrem todos os anos de doenças relacionadas com essa carência básica

Sem acesso a água potável



Por cada dólar que é investido \$ há um retorno de \$ \$ \$ \$ 4,3 dólares (400%)
Sob a forma de redução nos custos com cuidados de saúde

463 mil milhões
de euros anuais

custo total da insegurança
hídrica para a economia global

602 mil milhões
de euros anuais

investimento necessário para alcançar
a segurança hídrica

90%
DAS ÁGUAS RESIDUAIS
MUNDIAIS SÃO DESPEJADAS
NO MEIO AMBIENTE
SEM TRATAMENTO

40%
DA POPULAÇÃO JÁ
ENFRENTA ESCASSEZ
DE ÁGUA

2,4 mil milhões
de pessoas não
têm saneamento
adequado

700 milhões
vivem em áreas
urbanas sem
saneamento básico

Figura 1 - Valores que marcaram o Dia Mundial da Água, de 2017 (Naves 2017)

Dada as características da água, a sua importância para a vida, a sua existência em termos de gestão como um monopólio natural, a Água não pode ser considerada como uma “Mercadoria”.

“A água é considerada, ao nível das Nações Unidas, como um Direito Humano e um dos mais importantes, entre os Recursos Comuns.” (Almeida et al. 2016)

Apesar deste consenso global, a regulação mundial ainda não é uniforme. No caso de Portugal a criação da entidade reguladora, ERSAR, data de 1997. Já no caso de alguns países da CPLP, não há qualquer entidade reguladora.

2.2 Regulação do Abastecimento de Água e Saneamento na Europa

A legislação da União Europeia não impõe um serviço específico, mas sim a obediência a normas de qualidade do serviço prestado aos cidadãos bem como a proteção dos, desde que cumpram as regras de qualidade de serviço e de defesa do recurso, podem organizar-se desafiadamente.

Isto significa que, “além do cumprimento da Diretiva Quadro da Água (transportada para a legislação portuguesa), a UE não entra em questões organizativas do sector, nem incentiva ou proíbe, pelo menos em termos de Diretivas Comunitárias, a gestão por privados ou pelo sector público” (Almeida et al. 2016).

Deste modo, a União Europeia não impõe regras à estrutura dos serviços de abastecimento, permitido assim que cada país pondere o melhor planeamento.

No caso da Bélgica, os serviços de água são públicos, porém, são as regiões a entidade reguladora, no caso português, seria o mesmo que delegar a regulação a um grupo de municípios.

Em França, o abastecimento de água está delegado aos municípios, que podem também, associar-se de forma intermunicipal e proceder ao fornecimento de água aos seus habitantes ou concessionar a privados. Todavia, a ER é sempre o município.

No caso da Inglaterra e País de Gales todo o sector foi privatizado (mantendo-se a propriedade pública na Irlanda do Norte e na Escócia). Como tal, o Reino Unido, por forma a garantir um abastecimento de qualidade aos seus habitantes, tem um dos mais fortes e organizados reguladores do sector, a OFWAT (The economic regulator of the water sector in England and Wales).

Por último, falemos dos “nuestros hermanos”, o caso espanhol. Devido às comunidades autónomas, as responsabilidades, estão divididas entre estas e o próprio estado. Formando-se assim uma ER, em função dos problemas em causa. A gestão de SAA, como em Portugal, está repartida entre entidades públicas, o caso de Madrid, e privados como em Barcelona.

2.2.1 Questionário aos 27 Estados Membros da UE

Usando as informações recolhidas de (Almeida et al. 2016), foi possível verificar os resultados de um questionário, feito aos Estados Membros da UE.

Neste estudo, procurou-se saber se existe um regulador e no caso de existir quais as suas competências, quem o nomeia e financia, qual o seu âmbito territorial, e quais as principais tarefas realizadas.

Da análise das respostas, descobrimos que na maioria das questões a situação não é uniforme e em vários casos é divergente da situação existente em Portugal.

Em síntese, na maioria dos estados membros, a percepção feita pela população é de que existe uma entidade reguladora com intervenção nacional, nomeada pelo governo ou não, maioritariamente direccionada ao abastecimento de água e saneamento. A maioria destas EG, foi criada entre 1992 e 2010, sendo a qualidade da água o principal fator de preocupação dos

inquiridos. Já a nível de financiamento, foi concluído que, na maioria dos casos, não há injeções de capital que não provenham da própria EG.

2.3 Setor das Águas em Portugal

Como já mencionado, a ER de Portugal (a ERSAR), tem como data de criação o ano de 97 e foi após a criação desta entidade, aliada da privatização e concessão de vários serviços públicos, que levou a este crescimento e importância da atividade reguladora.

Anteriormente, o Estado, era quem assegurava a maioria dos serviços, porém, a criação de concessões permitiu que a maioria da gestão passasse a privados.

“As Entidades Reguladoras, têm como vocação primeira a defesa da qualidade dos serviços prestados pelos operadores privados ou públicos, em serviços públicos essenciais, que funcionam em regime de monopólio ou não e também cuidar para que os preços ou tarifas praticadas sejam socialmente corretos e espelhem os custos de serviços eficientes do sector onde se integram.” (Almeida et al. 2016).

2.3.1 A Regulação do setor do abastecimento de Água e Saneamento

Em 1993, foi aprovada a Lei de Delimitação de Sectores, permitindo a entrada de entidades privadas no sector do abastecimento de água e saneamento. Por conseguinte, criou-se a necessidade da existência de uma ER do sector. Ainda nesse mesmo ano foram criadas as Águas de Portugal (AdP).

Vinte e dois anos passados, através do regime de concessões municipais, dos 308 municípios do país, pouco mais de 10% concessionaram os seus serviços e a maioria desses só fizeram o saneamento básico.

“Entretanto o Estado, em conjunto com as autarquias criou, via AdP, um conjunto de sistemas, designados de Sistemas Multimunicipais - também designados de serviços ou sistemas em “alta” - (ao abrigo da legislação saída em 1993, aquando da alteração da Lei de Delimitação de Sectores), tendo-se mantido como uma competência municipal, a distribuição de água, a recolha de efluentes domésticos e a recolha dos resíduos sólidos urbanos, normalmente designados de serviços ou sistemas em “baixa”. Em Junho de 2015 procedeu-se a uma profunda reorganização da AdP, que por decisão do governo alienou a sub-holding dos Resíduos (EGF) e agrupou a maioria das empresas de água e saneamento em 6 empresas regionais, a que se deve juntar uma Parceria Público-Público para a maioria dos Municípios do Alentejo” (Almeida et al. 2016)

Neste seguimento o sector, com muito incentivo de avultados fundos comunitários, da UE teve um crescimento exponencial nos níveis de serviço prestados à população, acompanhado de um aumento da qualidade do mesmo.

Ainda hoje, uma parte das autarquias não tem tarifas que cubram os custos de exploração dos seus SAA e não cobra tarifas de saneamento nem de recolha de resíduos sólidos. Havendo por isso uma cobrança de tarifas que não refletem os custos de exploração e tornaram as EG insolventes.

A ERSAR teve assim um papel importante na proposta das tarifas em “alta” ao governo e mais recentemente, em 2013, no tarifário ao cliente, em “baixa”. Atendendo à fraca capacidade financeira de muitos agregados habitacionais a ERSAR, emitiu, já em 2012, uma orientação onde sugere a adoção de tarifas sociais para as famílias numerosas e de menores rendimentos.

2.3.2 Regulação noutros Países da CPLP

2.3.2.1 Experiência de Angola

Em Angola, não existe nenhuma ER do setor das águas ou saneamento.

“A constituição de uma entidade reguladora está atualmente em estudo e poderá avançar a curto ou médio prazo, mas o seu desenho não está ainda definido” (Almeida et al. 2016).

Neste caso, o molde para a criação da ER está a ser feito tendo por base a ER portuguesa, a ERSAR.

2.3.2.2 Experiência do Brasil

No Brasil, à exceção do sector energético e das telecomunicações, onde ER são a nível nacional, as restantes atividades, como é o caso do AA e do Saneamento, têm uma regulação ao nível de cada estado. Este estado, é semelhante à nossa delegação em municípios. Havendo, por este motivo, um elevado número de ER do setor, afetas a diferentes partes do país.

Assim sendo, “o caso do Brasil, até pela dimensão deste país, é pouco aplicável nos restantes países da CPLP, onde não parece de modo nenhum ser de admitir reguladores regionais (provinciais, distritais ou por ilha) e menos ainda municipais, qualquer que seja a área da sua atividade e o seu quadro de atribuições e competências” (Almeida et al. 2016).

2.3.2.3 Experiência de Cabo Verde

Desde a década de 90 que Cabo Verde tem uma ER, que coordena todas as atividades que o governo assinala como prioritárias, a ER é a (ARE) Agência de Regulação Económica e abrange, também, o AA e o saneamento.

Por outro lado, a ER de Cabo Verde não incide nas questões da qualidade da água ou das águas residuais, deixando esta vertente para o Ministério da Saúde.

“A ARE é totalmente dependente do governo e das suas orientações políticas e partidárias, tomando decisões contrárias aos estudos técnicos que efetua, recebendo para isso as instruções do órgão de tutela” (Almeida et al. 2016).

2.3.2.4 Experiência de Moçambique

Em 1998, o governo de Moçambique, entregou a gestão do AA a Maputo e a uma entidade privada, por um tempo de 15 anos. Criou ainda, com a colaboração financeira e técnica do Banco Mundial, uma entidade reguladora para acompanhar o setor das águas.

“O CRA (Conselho de Regulação do Abastecimento de Água), é um organismo de carácter nacional, nomeado pelo Conselho de Ministro e, portanto, sem uma tutela direta de um único Ministério, com carácter setorial e com uma considerável autonomia de funcionamento” (Almeida et al. 2016).

Esta ER é financiada pelo estado, contudo, atua de forma relativamente autónoma. Sendo que de todos os países da CPLP, o CRA é a ER com maior ligação à ER portuguesa, a ERSAR.

2.3.2.5 Experiência de Timor Leste

Por último, temos o caso de Timor, que se encontra numa situação idêntica à de Angola. Onde não existe ER, mas a sua criação está em estudo.

2.4 Regulação na Ásia

Na Ásia, existem poucas ER, em particular no setor do AA e saneamento, todavia, esforços estão a ser feitos para se criar estas entidades, muito devido ao sucesso das mesmas em países da união europeia.

2.4.1 Indonésia

No ano de 1997 o governo, da Indonésia, entregou a gestão do AA, a Entidades privadas para tentar colmatar as dificuldades que o setor enfrentava.

“No seguimento deste processo, e a partir da data indicada, Jakarta passa a ser abastecida e gerida por dois Operadores internacionais, que se associam a uma grande empresa local (PAM Jaya), de acordo com a legislação em vigor na época, na Indonésia. O Contrato assinado era válido por 25 anos” (Almeida et al. 2016).

Todavia, esta entrega a privados não bons resultados, muito devido à crise que assolou o país nessa época e que impediu uma tarifação correta dos serviços prestados.

2.4.2 Filipinas

Por último, expõem-se o caso das Filipinas, onde há uma ER para o setor da água e do saneamento de abrangência nacional, criada em 1974. Atuando apenas neta área da água.

2.5 Nova Estratégia para o Setor de AA e AR

2.5.1 PENSAAR 2020

Voltando à realidade portuguesa, em 2015 foi criado o PENSAAR 2020 (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais), que tem como objetivo definir a estratégia do setor, mantendo sempre em foco a sustentabilidade ambiental e económico-financeira.

Estas estratégias visam aplicação além de 2020 estão focadas na gestão de ativos, na qualidade dos serviços prestados, mas sem penalização da parte ambiental por forma a executar o estipulado.

“O Plano de Ação foi concebido através da definição de um conjunto de 48 medidas suportadas por 133 ações que desejam materializar os 19 objetivos operacionais” (APA 2015).

2.5.2 Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos

O POSEUR, vem assim, dar resposta às exigências do setor da água e visa a implementação de medidas contidas na estratégia do PENSAAR 2020.

Segundo a (APA 2015), é possível discernir dois objetivos principais:

- Objetivo 1: Otimização e gestão eficiente dos recursos hídricos numa ótica de utilização, proteção e valorização garantindo a melhoria da qualidade das massas de águas;
- Objetivo 2: Otimização e gestão eficiente dos recursos e infraestruturas existentes, garantindo a qualidade do serviço prestado às populações e a sustentabilidade dos sistemas, no âmbito do ciclo urbano da água.

Nos recursos hídricos a prioridade é, sem sombra de dúvida, a melhoria da qualidade das massas de água e a utilização eficiente do recurso de forma a dar à Diretiva Quadro da Água (DQA).

“Ainda tendo em mente o balanço do PEAASAR II e do diagnóstico da situação à data da elaboração do PENSAAR 2020, foram definidos cinco objetivos estratégicos para o setor - também designados por Eixos - e 19 objetivos operacionais (OP), conforme representado na figura abaixo” (ERSAR 2018).

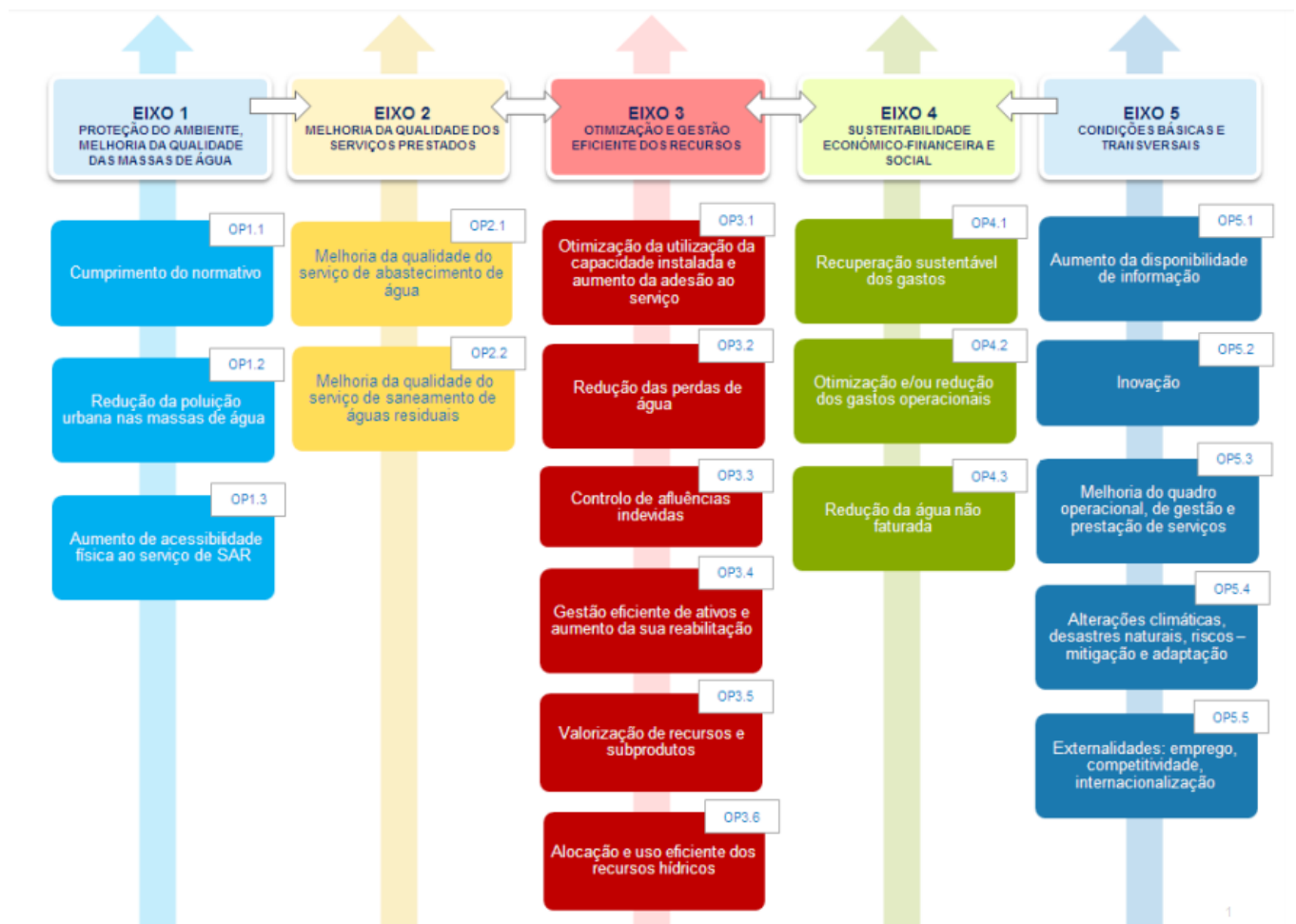


Figura 2 - Objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020

De um modo geral, as EG de AA, em alta, são sobretudo concessões multimunicipais e chegam 69,3% da população. Em baixa, as EG são sobretudo concessões municipais e abrangem 19,5% da população. No saneamento, as EG em alta são sobretudo concessões multimunicipais, que abrangem, 90,4% da população. Por último as EG de saneamento, em baixa, são sobretudo municipais com 36,1% da população abrangida.

2.5.2.1 Infraestruturas de transporte, elevação, armazenamento e distribuição de água

“Regista-se que o setor do abastecimento público de água em Portugal continental dispõe de um total de 111 864 km de condutas, dos quais 9773 km foram reportados pelas entidades gestoras em alta e 102 091 km pelas entidades gestoras em baixa, observando-se ainda uma tendência de aumento contínuo do comprimento total de condutas nos últimos cinco anos, de 2013 a 2017” (ERSAR 2018).

A capacidade de reserva de água para consumo humano em Portugal, encontra-se em cerca de 5,2 milhões de metros cúbicos e estamos providos de 8712 reservatórios de água.

“Em termos médios, o País apresenta 1,4 dias de capacidade de reserva de água tratada para consumo humano. Significa isto que, na eventualidade de haver um problema no sistema de abastecimento a jusante de um reservatório, em geral é possível manter o abastecimento de água às populações durante 1,4 dias” (ERSAR 2018).

2.5.3 Relação das Entidades Gestoras com os Utilizadores dos Serviços

Neste tópico, importa focar nos níveis médios de encargos tarifários. Neste contexto destaca-se o seguinte.

A nível de AA, a região do Algarve tem o valor mínimo, de 8,5 €/10 m³. Já na região do Norte, este encargo é superior, de 11,8 €/10 m³. Com isto, o país obtém um nível de cobertura dos gastos superior a 100 %, com exceção da região do Alentejo. Ficando a média nacional nos 109 %, havendo assim, recuperação dos gastos no setor.

No saneamento, o mínimo tarifário é de 5,5 €/10 m³, na região do Alentejo e no Algarve, atinge o máximo, de 8,8 €/10 m³. Com isto, o país obtém um nível de cobertura dos gastos, a nível nacional, de 96 %, ou seja, o setor por si só não é sustentável.

Nos resíduos urbanos, o Alentejo volta a ser o que pratica menores tarifas, de 3,9 €/10 m³ e o Algarve é, mais uma vez, o que pratica tarifas mais elevadas, de 7,2 €/10 m³. A nível nacional, a cobertura dos gastos é ainda inferior ao saneamento, de 87 %.

Por último, refere-se o caso particular da águas do Porto, onde a cobertura de gastos é de 130%, pois inclui AA, AR e RU.

2.5.4 Análise de Reclamações dos Utilizadores dos Serviços

Cerca de 83 % das reclamações recebidas pela ERSAR, provêm dos livros de reclamações das entidades gestoras, por meios informais.

2.5.4.1 Apreciação das Reclamações

Em 2017, 54 % das reclamações são relativas ao ciclo de faturação, uma questão transversal aos serviços de AA, Saneamento e RU. Por outro lado, as reclamações relativas à qualidade do serviço quantificam apenas 16 %, o atendimento 10 % e a contratação e a ligação ao serviço de AA representam 6 %, das reclamações.

“Numa análise mais detalhada destacam-se as reclamações motivadas pelo tempo de espera no atendimento (questão que naturalmente está mais associada à utilização do livro de reclamações físico, por comparação com os outros meios de apresentação de reclamações), assim como a suspensão do serviço na sequência de atraso no pagamento” (ERSAR 2018).

A nível global, há satisfação dos clientes com o serviço prestado. “O abastecimento público de água é o serviço onde se regista maior satisfação, com 5,83 pontos, ao passo que a recolha seletiva é o que apresenta menor satisfação, embora o valor de 5,36 pontos que correspondem à banda de valores relativa à avaliação positiva” (ERSAR 2018).

2.5.1 Agregação dos Serviços:

Por fim, esclarecesse quanto ao tipo de agregação dos SAA, que pode ser feita da seguinte forma:

Horizontal: agregação espacial e dos serviços de abastecimento de água com os serviços de águas residuais.

Vertical: agregação da “alta” com a “baixa”: captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água na casa do consumidor, respetivamente.

2.5.2 Controlo e Qualidade da Água

Em relação 2016, o número de entidades gestoras em alta aumentou, uma vez que houve a criação da Águas do Douro e Paiva, com abrangência à Águas do Norte.

Relativamente a zonas de abastecimento, de 2013 para 2017 há uma diminuição de 267 zonas de abastecimento, de 4084 em 2013 para 3817 em 2017.

A ERSAR tem, ainda, como principal função a fiscalização às diferentes EG de Portugal continental, consolidada no Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.

Um requisito que ainda não foi totalmente cumprido pela ERSAR é a fiscalização da qualidade da água na torneira do consumidor, contudo, o país, apresentando desde há cinco anos, elevados níveis de qualidade da água, de 99,9 %.

“Através destas medidas já em 2015, foi possível atingir o objetivo final de colocar Portugal no patamar de excelência de 99 % de água segura e mantido desde então. Não obstante, a ERSAR considera de toda a relevância fazer algumas orientações ao setor, em especial às entidades gestoras dos sistemas de abastecimento público, tendo em vista a contínua melhoria dos seus índices de desempenho e, consequentemente, do País” (ERSAR 2018):

- Implementarem uma abordagem preventiva baseada na avaliação e gestão do risco por forma a estabelecerem planos de ação focalizados na resolução a curto, médio e longo prazo dos problemas de qualidade da água existentes.
- Melhorarem o acompanhamento da implementação dos PCQA (Programas de Controlo da Qualidade da Água) aprovados.
- Atuarem de uma forma mais eficaz na prevenção e correção dos incumprimentos dos valores paramétricos, designadamente na investigação dos incumprimentos, de modo a evitarem a recorrência das situações.
- Melhorarem as formas de comunicação com o consumidor com vista a aumentarem os níveis de confiança na qualidade da água na torneira, não esquecendo a importância da divulgação de informação, a sensibilização e o esclarecimento adequado de situações particulares relacionadas com as suas redes prediais.

2.6 Sistemas de Abastecimento de Água

Tendo já coberto uma vasta gama de temas, falta ainda mencionar como são constituídos os sistemas de distribuição de água. Os SAA, são o conjunto de condutas, ramais, reservatórios e bombas hidráulicas; que têm como função suprir o consumo de água dos cidadãos de uma cidade e consequentemente, recolher a água residual, já utilizada pelo cliente.

Os SAA, abrangem assim: a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reserva, a adução de água tratada e a distribuição da mesma.

Apesar das características do AA variarem, muito por causa das condições topográficas do terreno e da dimensão da área em causa, é possível ter uma ideia geral da sua constituição pela figura abaixo.

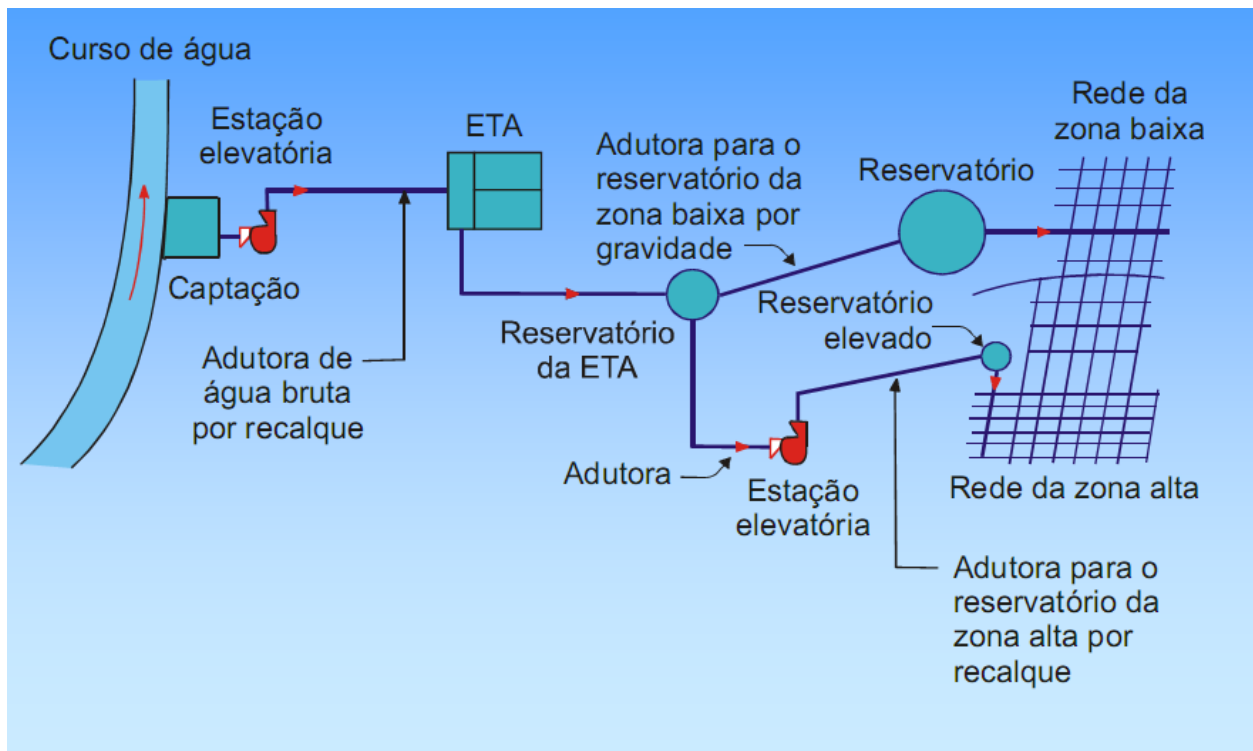


Figura 3 - Captação de água (L&L Engenharia Ambiental 2018)

Nesta figura, é então possível ver o trajeto que a água faz desde a sua fonte de origem, um curso de água, até às redes que constituem a malha que abastece os clientes.

2.7 Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento

Após se dar uma ideia geral de como é um SAA, é então possível falar das perdas, de água, que ocorrem neste sistema.

“De acordo com o quadro publicado pela International Water Association (IWA), que caracteriza as perdas de água, o consumo não autorizado de água traduz-se numa perda para a entidade gestora, nomeadamente, uma componente das perdas aparentes” (APDA 2017).

De um modo geral, as perdas de água são as perdas por fugas no SAA e as perdas associadas aos furtos de água e à ineficiência de medição dos contadores, tanto por questões de mau

dimensionamento como por questões de erros de medição, que posteriormente afetam os procedimentos comerciais e a faturação.

A figura abaixo representa uma visualização de um quadro do balanço hídrico, onde se inserem as perdas aparentes e em particular o consumo não autorizado. É também possível ver que à uma clara divisão de cores no quadro.

Água Entrada no Sistema (m³/ano)	Consumo Autorizado (m³/ano)	Consumo Autorizado Faturado (m³/ano)	Consumo Autorizado Medido (m³/ano)	Água Faturada (m³/ano)
		Consumo Autorizado Não Faturado (m³/ano)	Consumo Autorizado Não Medido (m³/ano)	
			Consumo Não Faturado Medido (m³/ano)	Água Não Faturada (m³/ano)
	Perdas de Água (m³/ano)	Perdas Aparentes (m³/ano)	Consumo Não Faturado Não Medido (m³/ano)	
			Uso Não Autorizado (m³/ano)	
			Erros de Medição (m³/ano)	
	Perdas Reais (m³/ano)		Fugas e Roturas em Conduções (m³/ano)	
			Fugas e Extravasamentos em Reservatórios (m³/ano)	
			Fugas e Roturas em Ramais (m³/ano)	

Figura 4 - Balanço Hídrico (Sousa, Oliveira, e Teixeira 2016).

A azul, temos a água faturada e por isso, a parte do balanço hídrico que cobre as despesas e dá lucro à EG. Já a vermelho, temos as perdas, ou seja, a água não faturada e que provoca prejuízos à entidade gestora. Ressalva-se, ainda, que os consumos autorizados não faturados estão assinalados a cor diferente uma vez que essa água é não faturada com o consentimento da entidade gestora. No entanto, de modo a que se maximizem os lucros da entidade gestora, além de se ter que reduzir as perdas aparentes, é também necessário reduzir o consumo autorizado não faturado ao mínimo.

“Desta forma, pode-se estimar que as perdas aparentes representem em cerca de um terço das perdas totais de água de uma entidade gestora, em termos de volume. Todavia, apesar de terem menos expressão em volume do que as perdas reais, do ponto de vista financeiro representam normalmente uma perda de faturação de mais do dobro do impacto, relativamente às perdas reais” (APDA 2017).

Por estes motivos, tanto financeiro como de proteção dos recursos, é necessário adotar novas metodologias e métodos mais eficientes, a fim de minimizar as perdas aparentes, particularmente, na eliminação do consumo não autorizado.

Através da figura acima é possível verificar, que as perdas de água se dividem, portanto, em dois tipos distintos: perdas reais e perdas aparentes.

De modo a detetar de forma mais precisa as perdas, é possível dividir a malha de abastecimento de água por diversas zonas, numa cidade, sendo estas zonas chamadas de Zonas de Medição e Controlo (ZMC)

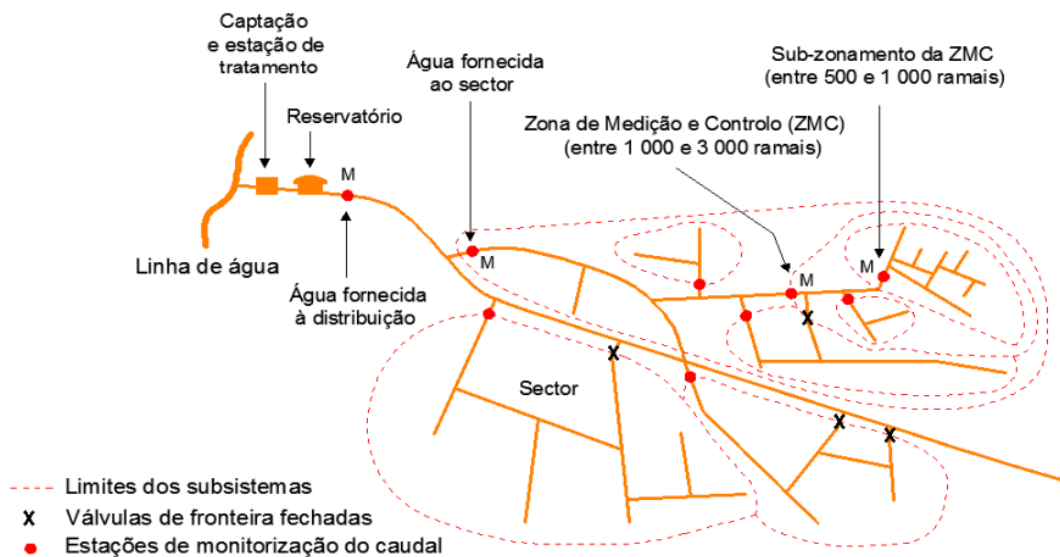


Figura 5 - Setorização da Rede (Martins 2018)

Através destas ZMC, sabendo-se a água que entra em cada setor, no caso da figura acima, nas zonas “M”, e subtraindo a água consumida nas habitações (através das leituras mensais) é possível determinar o valor das perdas e posteriormente, detetando e estimando o valor das perdas reais através dos consumos mínimos noturnos, é também possível detetar (caso haja um excedente) o valor das perdas aparentes. Que apesar de ser, em volume, inferior ao das reais, apresenta maiores lucros para a EG, quando reduzido ao mínimo.

2.7.1 Monitorização e Controlo de Perdas

Para o efeito, a implementação de um sistema monitorizado visando o controlo ativo de perdas, requer a existência preferencial de algumas ferramentas base, tais como:

- ✓ Sistema de Informação Geográfica (SIG) - aplicação informática de disponibilização do cadastro das infraestruturas, incluindo a respetiva georreferenciação. Este sistema deve ser permanentemente atualizado e incluir, ainda, a representação da cartografia do terreno;
- ✓ Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC) - sistema que agrega todas as informações dos clientes da entidade gestora, que deverá possuir uma codificação comum e a interligação com o Sistema de Informação Geográfica;
- ✓ Modelo Digital do Terreno - consiste num conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto um valor correspondente à sua altitude;
- ✓ Modelo hidráulico do sistema - consiste numa ferramenta informática que permite analisar e prever o comportamento hidráulico do sistema, a partir das características dos seus componentes, da sua forma de operação e dos consumos solicitados.

Retirado de (Epal 2015).

Através da criação destas ZMC é possível obter um elevado nível de controlo das perdas, o que torna possível a visualização espacial da abrangência do projeto de setorização da rede controlada.

Pela figura abaixo, é ainda possível ver uma forma de nas condutas, onde não é possível inserir contadores “normais”, para medição do caudal, é possível usar um medidor de caudal eletromagnético. Deste modo, é possível medir o caudal, em pontos chave da rede, de modo a controlar, da melhor forma, cada ZMC.

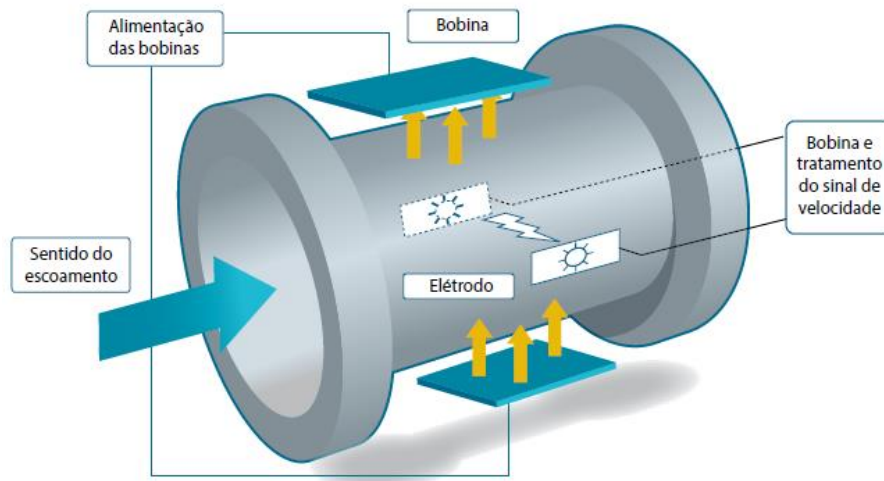


Figura 6 - Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético (Epal 2015)

2.8 Perdas Reais

As perdas reais, ou perdas físicas, correspondem ao volume, de água perdido na rede de abastecimento de água de uma entidade gestora. Estas perdas encontram-se ainda divididas em diferentes subcategorias no quadro do balanço hídrico, acima, em função do local onde ocorre a fuga de água, nomeadamente:

- Fugas e roturas em ramais;
- Fugas e extravasamentos em reservatórios;
- Fugas e roturas em nos ramais.

“As perdas, ocorrem em todo o tipo de sistemas não havendo exceção nos sistemas de abastecimento de água. O grau da perda varia sim, com o dimensionamento da rede e as condições físicas do terreno de cada local. As perdas podem ser visíveis ou invisíveis, sendo que, no segundo caso, podem existir durante um período temporal indeterminado, sem que seja efetuada a sua deteção. Mesmo a sua deteção, não permite quantificar o valor das perdas, pelo que, na grande maioria das situações, é necessário proceder com testes e ensaios para conseguir uma quantificação com alguma precisão, registando esse processo para efeitos de auditoria” (Epal 2015).

Estas perdas reais, podem ainda ser subdivididas em:

- Perdas base - ocorrem através de pequenas fugas, indetetáveis pelos equipamentos de deteção normalmente disponíveis e tipicamente caracterizadas por caudais baixos de longa duração e, por isso, com grandes volumes perdidos;

- Perdas por roturas - caracterizadas por caudais elevados, curta duração, frequentemente visíveis e com estragos associados;
- Perdas por fugas não comunicadas - caracterizadas por caudais médios, duração e volumes dependentes da abordagem de controlo de perdas que é seguida e, normalmente, passíveis de identificação através de controlo ativo de fugas.

“A classificação das perdas, resulta da experiência de observação das causas das mesmas. A dimensão da perda de água é fortemente influenciada pelas características das infraestruturas do sistema e da sua envolvência, bem como pela estratégia de deteção e reparação de fugas, pela gestão de operação e pela política e práticas da empresa” (Epal 2015).

Importa ainda referir algumas das causas das perdas reais:

- Estado das principais condutas de transporte e distribuição;
- Material, idade e cuidados no assentamento original das condutas;
- Número e qualidade das ligações de serviço ou ramais;
- Pressão de serviço a que o sistema é submetido e flutuações de pressão ao longo do dia;
- Número e estado dos órgãos e acessórios, como válvulas, ventosas e hidrantes;
- Estado dos órgãos de proteção contra os regimes transitórios hidráulicos;
- Proteção contra corrosão;
- Materiais utilizados nas reparações;
- Estado das fundações, lajes de soleira e das paredes dos reservatórios;
- Descargas de superfície ou “trop-plein”;
- Condições geotécnicas e instabilização do solo;
- Cargas de tráfego automóvel ou outros veículos.

De todos os fatores mencionados, realça-se a influência das pressões de serviço, cuja gestão influencia fortemente as perdas no sistema, estando ainda esta elevada pressão associada a maior quantidade de água consumida, quer por roturas, quer pelos clientes.

“Em sistemas sujeitos a variações de pressão significativa e recorrente existe maior tendência para a ocorrência de fadiga em tubagens e acessórios, especialmente quando concebidos em materiais plásticos. Por outro lado, uma maior eficácia na deteção acústica das fugas é conseguida com valores de pressão mais elevados, devido ao maior nível de ruído provocado pelo escape de água e que se propaga pelas condutas e órgãos da rede” (Epal 2015).

“Uma estimativa adequada das perdas reais existentes numa rede pode ser conseguida pela aplicação de quatro metodologias distintas: análise Top-Down do balanço hídrico, análise dos caudais noturnos através da abordagem Bottom-Up, análise das componentes do balanço hídrico e uma combinação das anteriores” (Epal 2015).

Numa abordagem Top-Down, tem-se a seguinte equação:

$$\text{Volume Perdas Reais} = \text{Volume entrado no sistema} - (\text{Volume consumo autorizado} + \text{Volume das perdas aparentes})$$

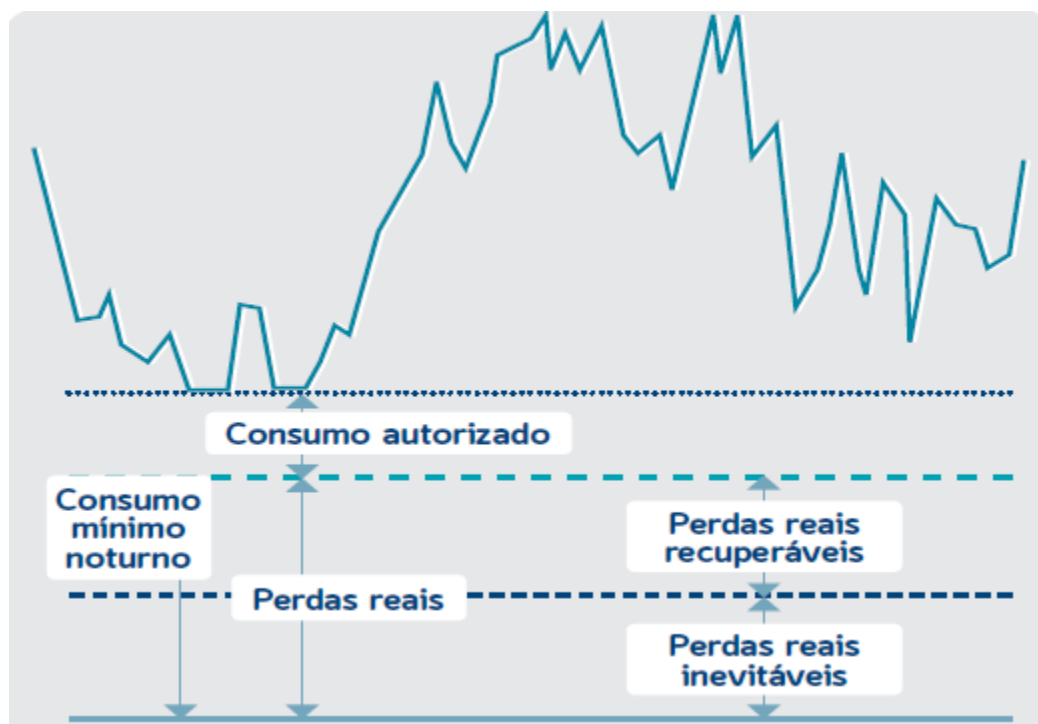


Figura 7 - Abordagem Bottom-Up (Epal 2015)

Esta abordagem está, contudo, sujeita ao conhecimento de variáveis que não são facilmente obtidas, como é o caso do volume de perdas aparentes, relacionadas com erros de medição nos contadores e furtos de água.

Na abordagem Bottom-Up, mais aplicável a sistemas setorizados e dotados de medição em contínuo (ZMC), o volume das perdas reais é estimado com base na observação dos valores de consumo noturno, tipicamente entre as 2 h e as 4 h.

Como tal, é essencial calcular o Fator Noite-Dia, que corresponde à relação entre a variação da pressão máxima presente na rede, normalmente durante o período noturno que

corresponde à melhor estimativa das perdas, e a pressão mínima registada durante os períodos de ponta.

Como tal, para o volume de perdas reais temos a seguinte equação:

$$\text{Volume Perdas reais} = (\text{Consumo mínimo noturno} - \text{Consumo autorizado}) \times \text{Fator Noite-Dia}$$

Uma importante vantagem deste tipo de análise é a possibilidade de calcular o volume de perdas reais, quer para a globalidade do sistema quer para ZMC, permitindo a organização de um ranking e o alinhamento das áreas de acordo com as prioridades de intervenção. Este tipo de cálculo possibilita uma verificação dos valores obtidos pelo balanço hídrico e a determinação da relação entre a pressão na rede e o nível de perdas (Epal 2015).

Como caso pratico de aplicação desta metodologia, temos a EPAL, que “desenvolveu a aplicação WONE, vocacionada para o tratamento de dados de monitorização de ZMC e apoio à gestão de redes, que permite a implementação automática deste tipo de abordagem tal como como é ilustrado no gráfico da figura abaixo, referente a uma ZMC da rede de distribuição de Lisboa” (Epal 2015).

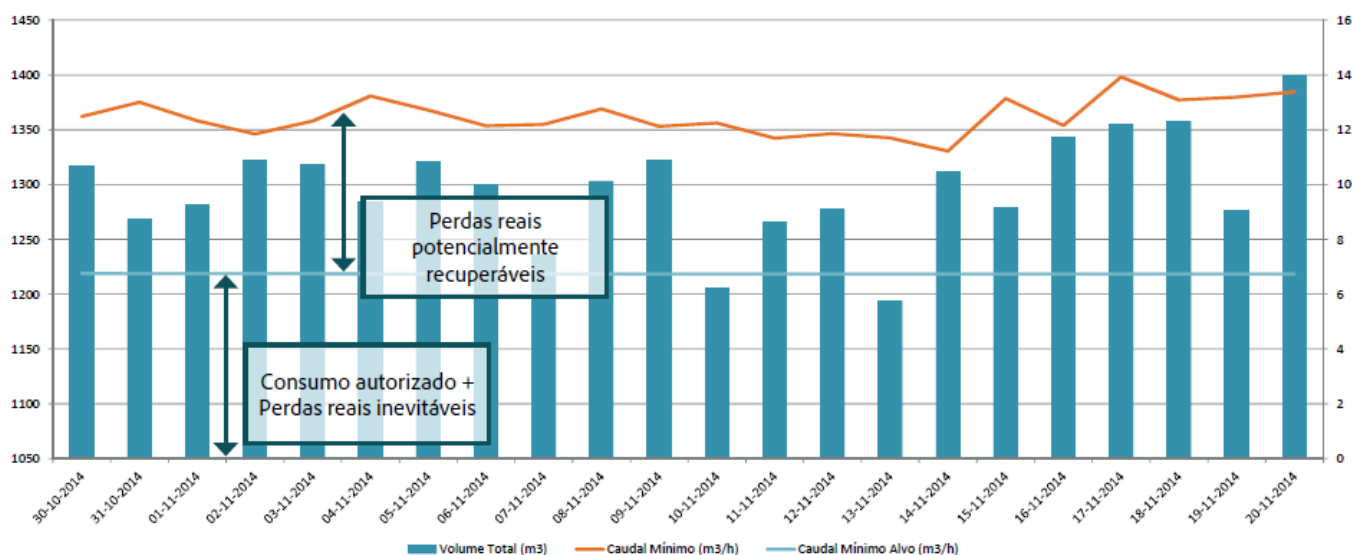


Figura 8 - Consumos mínimos noturno e estimativa das perdas reais potencialmente recuperáveis (Epal 2015).

2.8.1 Gestão das Perdas Reais

Apesar de não ser possível eliminar totalmente as perdas reais, é importante reduzi-las ao mínimo. Para isso salienta-se a:

- gestão da pressão;
- rapidez e qualidade das reparações;
- gestão dos ativos da rede;
- controlo ativo de fugas.

Estes quatro pontos, estão também incorporados na figura abaixo e devidamente geridos e controlados é possível atingir o nível de perdas reais inevitáveis.

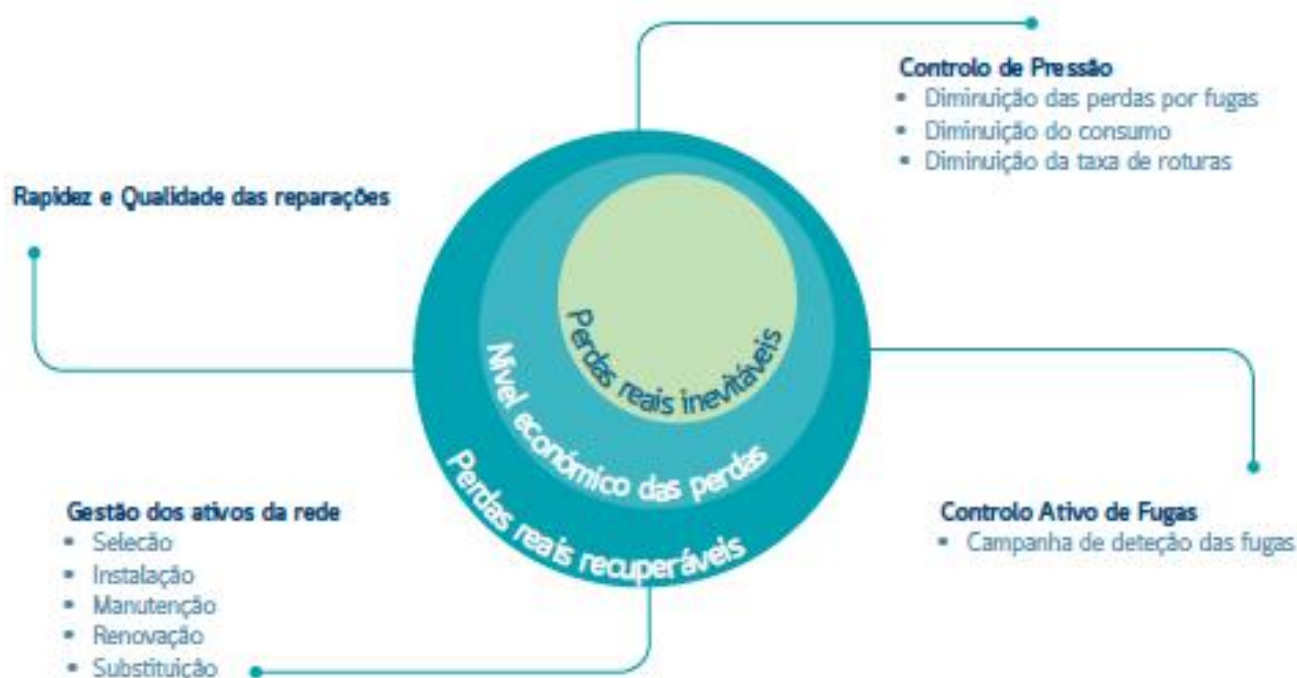


Figura 9 - Recuperação das Perdas Reais (Epal 2015).

Tal como, já mencionado a gestão da pressão em sistemas de abastecimento, mantendo os níveis de pressão na rede mínimos e assegurando a fixação dos mesmo, é uma das formas mais eficazes de combate às perdas de água reais.

A rapidez na reparação das fugas da rede, diminui o volume de água perdida e consequentemente, diminui as perdas monetárias associadas a esse volume perdido.

“A implementação de um sistema de gestão integrado de ativos por parte das entidades gestoras contribui para assegurar o equilíbrio entre o desempenho, o custo e o risco dos

ativos, podendo assumir um papel decisivo para adoção de políticas de manutenção, substituição ou renovação sustentáveis e efetivas” (Epal 2015).

“O último vetor, debruça-se sobre o controlo de ativo de fugas, para o qual se recomenda uma estratégia pró-ativa no sentido da redução das perdas de água através da deteção de fugas não visíveis. Este controlo é possível através da ação de equipas especializadas e da monitorização contínua do sistema de abastecimento” (Epal 2015).

Em suma, a setorização da rede de distribuição através da criação de ZMC, a monitorização em contínuo da rede e a existência de equipas dedicadas à análise do sistema de monitorização e à deteção de fugas, é crucial na redução sistemática da água não faturada, na parte das perdas reais.

2.9 Perdas Aparentes

Tal como já foi previamente escrito, as perdas aparentes caracterizam-se por estar associadas aos consumos não autorizados (ilícitos) ou erros de medição, tais como, ineficiência dos contadores, erros nas estimativas de consumos não medidos e erros relativos ao processo de obtenção e manuseamento de dados.

Atendendo à sua natureza, a redução das perdas aparentes implica, por isso, custos significativamente menores e retornos significativamente maiores, comparativamente com a redução das perdas reais.

Tal situação deve-se ao facto de ser mais económico, por exemplo, renovar o parque de contadores, eliminando a ineficiência de medição dos mesmos, ou adquirir um programa de recolha de leituras, ou criar procedimentos automáticos que restrinjam os possíveis erros de leitura, do que renovar toda a rede de distribuição de abastecimento de água.

Desta forma para resolver o problema do controlo das perdas aparentes e em particular os consumos não autorizados, a entidade gestora precisa da informação do número e localização dos consumos não autorizados existentes na rede.

Uma vez que não é viável visitar todas as instalações subjacentes à entidade gestora por forma a identificar e resolver todos os consumos não autorizados, é necessário arranjar estratégias e metodologias para os identificar, com menos gastos financeiros, estas ocorrências. Esta identificação pode assim ser obtida de diversas formas: por estimativa, analisando uma zona piloto e extrapolando o valor para outras áreas, ou ainda através da utilização de ferramentas de ML na seleção de instalações que têm maior probabilidade de realmente conterem consumos não autorizados (ilícitos).



Figura 10 - Consumo não Autorizado (Martins 2018)

Além das ligações ilícitas apresentadas na figura acima, existe ainda uma forma mais comum de ilicitude que são as aberturas abusivas. Neste tipo de situação, uma vez que ainda existe um contador funcional no ramal, não há necessidade de fazer uma ligação direta para ter água, mas o infrator também não altera o contador. Neste tipo de infrações o que acontece é, uma vez que a adufa é selada por uma equipa de cortes, devido ao não pagamento de faturas, o infrator força o selo de corte e/ou viola-o, abrindo a água de forma abusiva. Este procedimento também acontece em contratos que foram rescindidos, sendo que este tipo de ilícito recai, também, nos ‘consumos ilícitos’ da figura seguinte.



jpm 2018

82

Figura 11 - Tipos de Consumo não Autorizado, JMP 2018

As ligações legais, podem também, gerar perdas aparentes subsequentes de faturação por estimativa, ou não registada na base de dados.

Por forma a diminuir as ligações não autorizadas é então necessário proceder à criação de um cadastro de clientes, por parte da entidade gestora, por forma a ligar cada casa com AA à base de dados dos clientes no sistema da EG.

2.9.1 Imprecisão de Contadores

- Submedição causada por caudais baixos e baixa precisão devido à idade e uso excessivo do equipamento;
- Diâmetro de contador inadequado ao caudal consumido;
- Contador parado, avariado ou obsoleto;
- Política inadequada de manutenção ou substituição.

2.9.2 Intervenções ilícitas sobre o medidor

- Bypass ao contador;
- Adulteração do contador.

2.9.3 Subfaturação (erros ou fraude do leitor/cliente)

- Volume subregistado no sistema de faturação;
- Leituras fictícias;
- Erro na transferência de dados.
- Erros no software de faturação.

“As metodologias aplicadas no controlo ativo das perdas aparentes incluem diversas vertentes que vão desde a gestão cuidada do parque de contadores, à implementação de uma política de combate aos consumos não autorizados, ao controlo e análise dos dados recebidos e ao controlo do manuseamento e integridade dos dados de faturação” (Epal 2015).

Desta forma, devem ser efetuados planos de verificação metrológica, com uma seleção adequada dos diâmetros de contadores a serem usados em cada instalação e da renovação do parque de contadores de forma a não só respeitar as determinações regulamentares, mas também a manter o rigor da medição.

“Nesta perspetiva é recomendável a realização de testes de medição em bancos de ensaio de uma amostra significativa dos medidores instalados na rede, visando determinar eventuais desvios ao previsto em termos do erro médio de medição de determinado parque em função da idade” (Epal 2015).

“Importa salientar que, para o cálculo do balanço hídrico, é determinante assegurar a existência de medição fiável também dos volumes aduzidos, transportados, exportados e importados pelo sistema e registados nas diversas ZMC da rede de distribuição” (Epal 2015).

Mais uma vez, o estudo do comportamento das ZMC é uma fonte de informação importante, que ajuda a detetar e localizar áreas com submedição. Este tipo de informação associada à telemetria, permite identificar zonas de submedição. Referentes ao topo das curvas da figura abaixo.

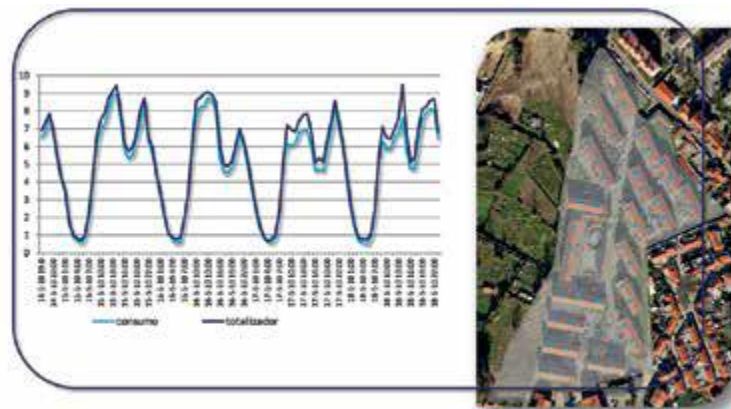


Figura 12 - Controlo de perdas aparentes em ZMC com 100% de telemetria (Epal 2015).

Em síntese, à exceção dos consumos ilícitos que exige uma abordagem diferente, todas as outras perdas aparentes são suscetíveis de fácil sessação: através da substituição periódica de contadores, redução dos erros de medição; utilização de telemetria ou ainda de contadores inteligentes (falados com maior detalhe no capítulo do trabalho realizado) que reduzem o erro humano e erros de medição e utilização de software indicado para o efeito, redução de erros informáticos.

A figura seguinte, aponta quatro vertentes focadas na redução das perdas aparentes, com objetivo de ficarem apenas as inevitáveis, tal como acontece nas perdas reais, onde o custo da sua extinção excede o lucro que a entidade gestora daí retira.

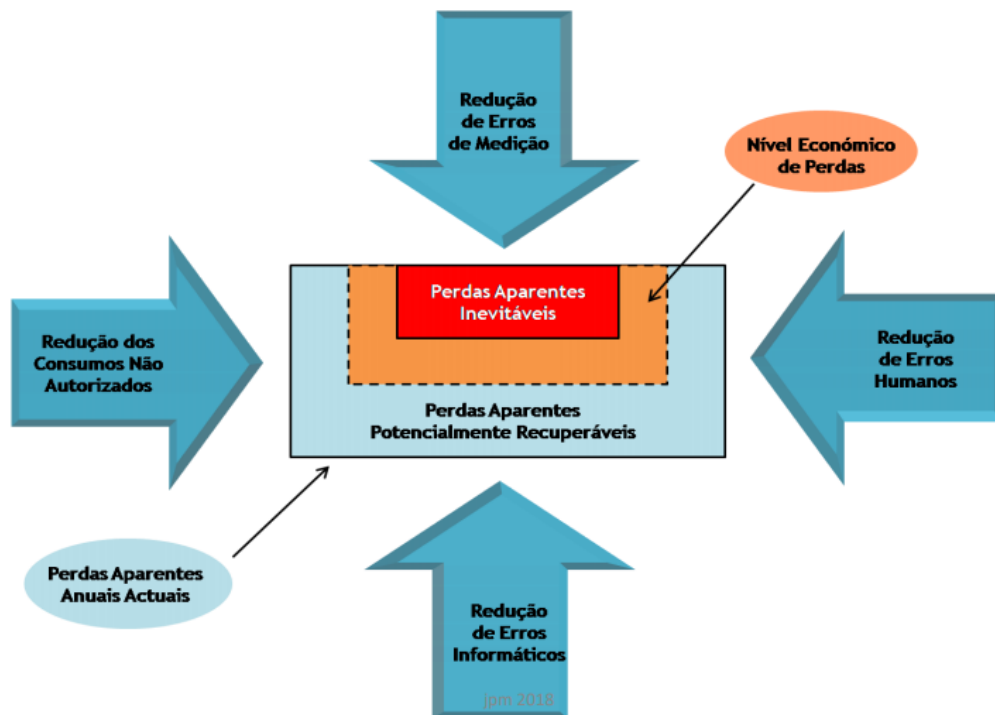


Figura 13 - Metodologia de Redução de Perdas Aparentes (Martins 2018).

Como situação particular de uma perda aparente impossível de reparar, temos instalações, onde não seja possível cortar a água na presa/tomada por esta estar a abastecer um prédio com outros clientes cumpridores e que tenha a adufa e respetivo contador dentro da habitação, ou seja, inacessível às equipas de cortes ou ainda outro tipo de perda aparente que devido ao seu diminuto volume e espaço temporal não possa ser determinada ou detetada.

2.10 Contadores

Tendo os anteriores subcapítulos sido referentes a problemas nos contadores, é assim relevante ter um capítulo próprio para os discutir.

Um contador de água é um instrumento de medição concebido para, de forma contínua, registar e indicar o volume de água que passa através dele e, é assim, o elemento chave na relação comercial entre o consumidor e a EG. Permitindo a faturação da água abastecida aos clientes, de forma mensal.

“A existência do contador permite, por um lado, a aplicação do princípio do consumidor pagador e, por outro lado, a utilização mais eficiente da água pelo consumidor, o que é vital para a preservação do importante recurso natural que é a água.” (ERSAR 2013)

“Poderiam não existir contadores, sendo a água simplesmente faturada por avença ou com base na área do local a ser abastecido ou, ainda, numa relação per capita dos consumidores desse local. Contudo, estes modos de faturar conduziriam certamente a situações de injustiça e, na maioria dos casos, a consumos desregrados.” (ERSAR 2013)

2.10.1 Dimensionamento

O dimensionamento, relativo ao diâmetro do contador que vai permitir a passagem de água ao cliente, é definido pela EG. Sedo, este dimensionamento feito de forma a que se ajuste ao tipo de CAE do próprio cliente, isto é, à atividade económica que o cliente vai desenvolver no local de instalação do contador, seja para uso doméstico ou comercial.

“No passado, a normalização dos contadores fazia uma correlação direta entre o calibre do contador e o seu caudal nominal. A tendência simplista de escolher o contador a instalar com base no diâmetro nominal da canalização existente no local resultava, em muitos casos, na aplicação de um contador inadequado ao perfil do consumidor. A situação mais frequente conduzia a contadores sobredimensionados, do que resultava, para o consumidor, um maior encargo com a tarifa fixa, e, para a entidade gestora, a perda de contagem nos caudais reduzidos (ERSAR 2013).

Com a atual legislação, o contador é definido exclusivamente pelas suas características metrológicas, não dependendo assim do seu calibre específico do mesmo.

2.10.2 Obrigações da EG e do Cliente

A EG, fica obrigada a avisar o cliente da data e do período previsível, máximo de duas horas (2 h), em que o cliente tem que dar acesso à instalação e consequentemente ao nicho do contador, de modo a que se possa substituir o contador, por motivos de anomalia ou outro.

A EG, fica ainda afeta à leitura dos contadores, no mínimo duas vezes por ano e com um intervalo máximo de oito meses entre leituras.

Em contrapartida, o cliente, nos casos em que o contador esteja instalado no interior da instalação, deve facilitar o acesso ao mesmo.

“Após duas tentativas frustradas de aceder ao contador para leitura, a entidade gestora deve avisar o consumidor da data em que pretende proceder à terceira tentativa, informando-o que, a manter-se o impedimento, o serviço será suspenso.” (ERSAR 2013)

2.10.3 Ler o Contador

A leitura do contador para faturação é feita, apenas, tendo por base os números inteiros do m^3 , isto é, os que estiverem posicionados à esquerda da vírgula do mostrador.

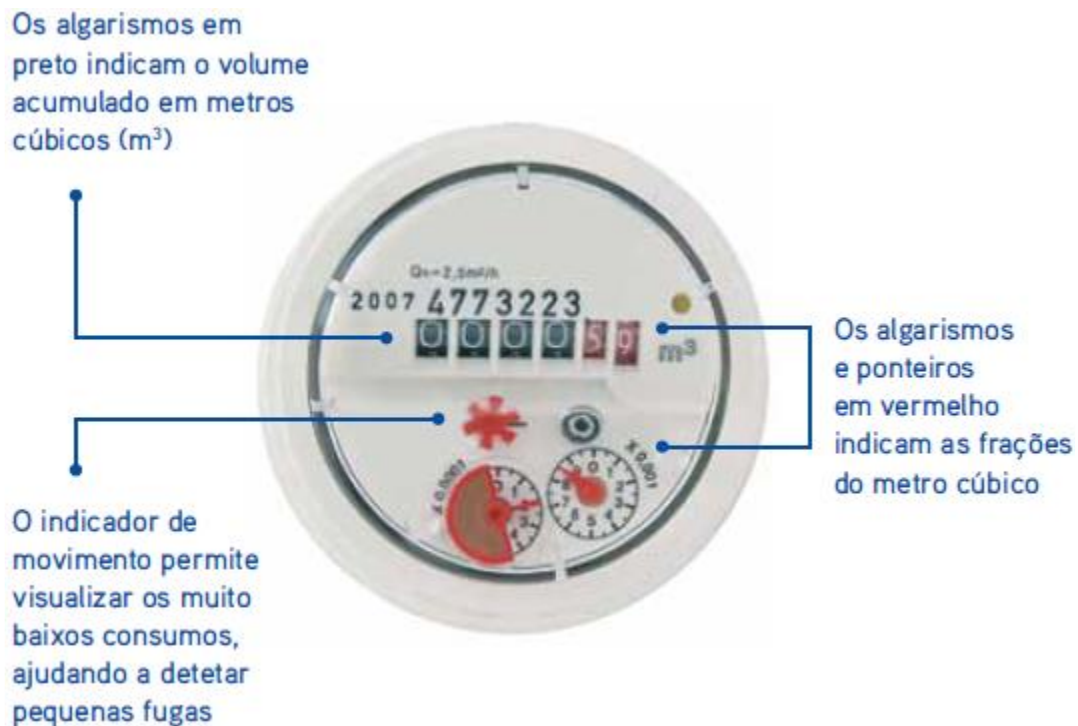


Figura 14 - Leitura num Contador (ERSAR 2013).

Em média, em Portugal, o consumo de uma pessoa é de cerca de 170 litros de água por dia. Neste sentido e para facilitar os cálculos, utiliza-se como referência o volume de $10 m^3$ por mês por habitação. Partindo do princípio que cada habitação abriga, em média, três (3) pessoas.

2.10.4 Incertezas de um Contador

Os contadores domésticos mais usados em Portugal, são do tipo “volumétrico”.

“Estes contadores, por razões físicas do seu processo de funcionamento, têm uma exatidão muito elevada. Apenas poderá ocorrer que alguma água passe por folgas do mecanismo sem produzir contagem, sendo esse efeito mais evidente com o envelhecimento do contador (ERSAR 2013).

De modo a solucionar este problema aponta-se para a figura seguinte, que de forma resumida indica os passos a seguir, de modo a evitar a subfaturação.

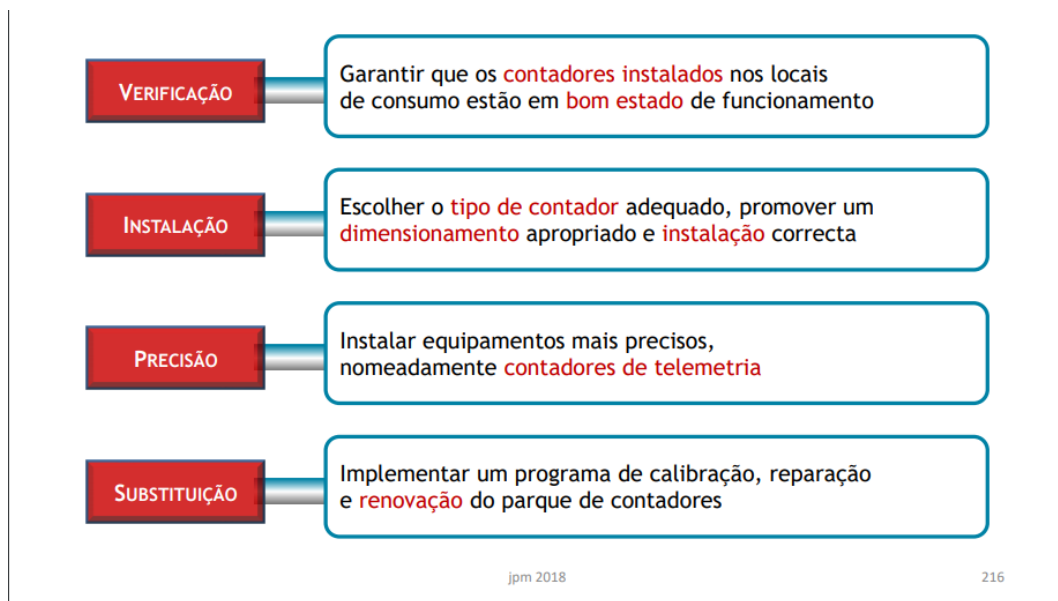


Figura 15 - Redução de Erros de Medição (Martins 2018).

Outro tipo de contadores que existe são os de velocidade (vulgarmente designados como “de turbina”) e os de tipo estático, que podem ter comportamentos irregulares, e originam, assim, leituras superiores ou inferiores às reais. Em particular, os últimos, originam sobretudo, sobrecontagem devido a correntes parasitas nas condutas de água.

2.10.5 Tipos de Contadores

Existem diversos tipos de contadores. Os contadores podem assim dependendo da sua utilização ser residenciais e industriais, com relação ao seu diâmetro, onde os industriais tendem a ser maiores. Se o contador for utilizado para contar água quente precisa por isso de ser feito de materiais diferentes que resistam às temperaturas exigidas.

Existem os contadores de água volumétricos, que são os mais usados. No contador de água volumétrico existe um êmbolo que se enche com a entrada do líquido em escoamento e transporta para a saída do medidor um determinado volume. O fenómeno de transporte dá-se pela diferença de pressão, que é maior na entrada do que na saída do aparelho. O êmbolo executa um movimento circular em torno do próprio eixo, gerando os movimentos necessários para acionar o contador. A partir daí, o registo de volumes dá-se da mesma forma que nos demais contadores de água.



Figura 16 - Contador Volumétrico (Janz - Contagem e Gestão de Fluídos 2018)

Existem ainda os contadores de água monojato, que têm a turbina acionada por um só jato de líquido. Os contadores multijato, semelhantes aos anteriores, mas funcionando com múltiplos jatos.

Contadores de água húmidos e secos, sendo os húmidos: aqueles que tem todo o mecanismo interno mergulhado no líquido medido; e os secos: aqueles que têm uma placa separadora, assim chamada pela finalidade específica de separar o medidor em duas partes, uma molhada e outra seca. Contadores mecânicos que tem sistema de transmissão mecânica e por fim, os contadores magnéticos, em que a transmissão dos movimentos da turbina dá-se através de um par de ímanes.

2.10.6 Erros nas medições de um Contador

Quando por motivos de paragem ou de outra irregularidade do contador ou em período em que não houve foi possível obter leituras reais, o consumo do cliente é estimado da seguinte forma:

- a) Pelo consumo médio apurado entre duas leituras reais anteriores;
- b) Pelo consumo de equivalente período do ano anterior, se não se tiver como obter a);

c) Pela média do consumo apurado nas leituras subsequentes à instalação, na falta de obtenção das alíneas a) e b).

De forma esquemática, é possível verificar a figura abaixo, que permite descobrir a causa de leituras ou medições irregulares, provenientes de um mau contador.

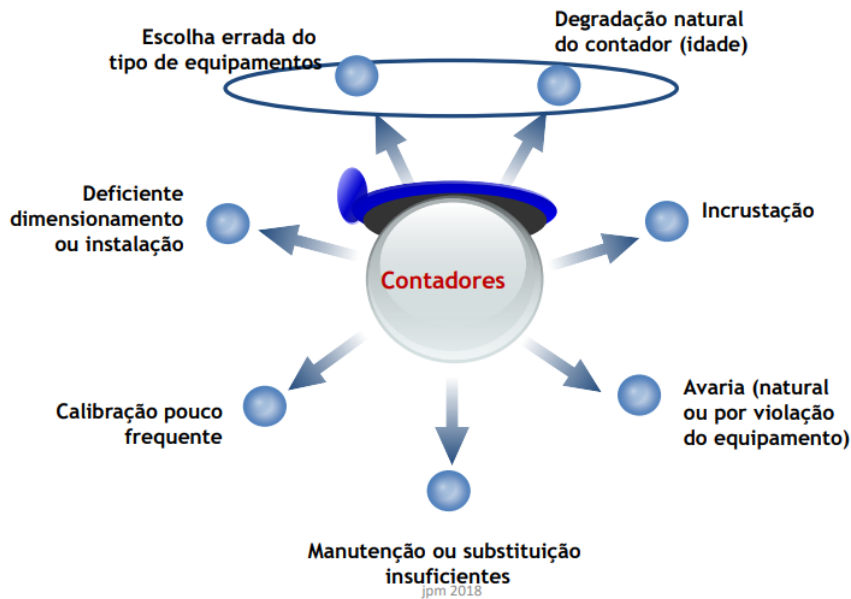


Figura 17 - Causas de Erro de Medição nos Contadores (Martins 2018).

2.11 Tipos de Ações não Autorizadas e Usos Ilegais

Com o intuito de descrever, com maior detalhe, alguns exemplos de consumos não autorizados e práticas ilícitas no AA e uma vez que o foco do trabalho é resolver estes casos, convém primeiro ter uma noção de como estes são feitos, em primeiro lugar.

Considerando que o engenho humano não tem limite, particularmente nesta matéria, segue, assim, uma lista de algumas das práticas que geram perdas aparentes às entidades gestoras de águas.

2.11.1 Ações não autorizadas relacionadas à Ligação e contador

- Ligação não registada: o cliente não está registado na base de dados (exemplo: ligação direta).

- Segunda ligação não registada, ou seja, uma ligação é registada e a segunda não é (por exemplo: uma picagem ou derivação).
- Bypass ao contador (equivalente a uma segunda ligação).
- Reativação não autorizada de uma ligação que foi cancelada na base de dados.
- Reativação não autorizada de uma ligação que foi cortada (por exemplo, por razões de não pagamento), ou seja, a reintegração não autorizada de clientes registados como inativo.
- Remoção do contador
- Contador invertido
- Contador de velocidade inclinado ou torcido (o que implica erros de medição)
- Contador adulterado.

2.11.2 Uso não autorizado de equipamentos da rede

- Uso não autorizado de reservatórios públicos
- Uso não autorizado de hidrantes de incêndio ou mangotes
- Roubo da água em válvulas de descarga

2.11.3 Interligação com uma fonte de água local

- Uso simultâneo de água de rede e água de um poço privado, pode esconder um bypass.

Esta prática pode também pôr em risco a saúde pública, uma vez que a água que está a ser inserida não é tratada pode estar contaminada e no caso de refluxo de água pode contaminar não só a instalação em causa, mas instalações vizinhas, associadas a essa rede.

2.12 Identificação e Investigação de Casos de Uso Ilegal

Antes de realizar qualquer investigação, informações relativas à rede de abastecimento são muito importantes. Para facilitar este do processo, deve-se ter a seguinte lista em conta:

- I. Lista de clientes suspeitos gerados a partir de bases da consulta da base de dados.
- II. Clientes com mau historial - clientes que já tiveram alguma ilegalidade com a EG de águas (roubo é um hábito, por isso deve-se manter registo de todas as infrações e revisitá-las pelo menos de 4 em 4 meses).
- III. Clientes cortados - Lista de clientes que foram cortados de abastecimento, mas não voltaram a pagar para o serviço e foram religados (todos precisam de água, por isso

não se deve assumir que estas pessoas estão sem abastecimento) visitar e investigar.

- IV. Lista de pessoas que uma vez se aplicou para AA, mas não completou o processo de ligação por uma razão ou outra. (Na altura que se aplica para o AA ela é mesmo precisa. Ao não voltarem pode implicar que o requerente tem uma forma mais barata de obter água. Então, garantir o registo detalhado do cliente que quer água).
- V. Lista de clientes que deveriam estar sem fornecimento (exemplo: clientes com o contrato suspenso ou que rescindiram o contrato)
- VI. Dispor de patrulhas especializadas no terreno para fazer vistoria à rede e identificar possíveis ligações ilegais.

Neste sentido, é impreterível garantir 100% de investigação de casos de consumo ilegal (todos os casos suspeitos e notificados devem ser investigados).

2.12.1 Responsabilidades da EG, nos ilícitos

O alto nível de consumo não autorizado não é apenas da responsabilidade dos consumidores desonestos, é também a consequência de uma gestão inadequada por parte da EG.

- Práticas precárias: onde novas ligações não são imediatamente registadas
- Falha na atualização na base de dados do cliente
- Política inadequada para com a população
- Política de comunicação inadequada
- Corrupção interna e má gestão

Pela aferição desta última lista, demonstra-se que a questão do consumo não autorizado, só pode ser resolvida através de medidas corretivas onde a gestão dos clientes precisa de ser melhorada, para se obter resultados sustentáveis.

Como forma de síntese, são possíveis discernir dois grandes enfoques de práticas ilícitas, sendo estes: o consumo não autorizado por não criação de registo de cliente, onde se insere o furto de água na rede de distribuição pública por hidrantes e válvulas de descarga; e o consumo não autorizado com registo de cliente.

Tal como será, posteriormente, verificado, a incidência deste estudo recairá sobretudo nos consumos não autorizados com registo de cliente.

Porém, é ainda possível, de forma superficial, determinar uma forma de combater os furtos de água na rede de distribuição pública por hidrantes e válvulas de descarga. Este método

seria: adicionar contadores a montante destes pontos de água preferencialmente de telemetria, com concentrador, para que desse modo se possa em análise de BackOffice, detetar o gasto de água, anómalo, nestes pontos. Muitas vezes, a situação que impede a colocação de contadores em hidrantes é que estes, em casos normais, como não são utilizados, encravam e provocam retenções no escoamento de água. Algo que em situações de emergência, para as quais eles foram desenhados, não pode acontecer, sendo por isso essencial uma vistoria regular a estes pontos de água, nomeadamente aos hidrantes.

2.12.2 Procedimentos para identificação e investigação Bypass

A fim de identificar e investigar um bypass as seguintes etapas devem ser tomadas:

- I. Fechar a adufa, sentir a canalização antes do contador, se houver uma vibração no tubo, então há razão para suspeitar de uma ligação ilícita, pois o fluxo de água induz a vibração no tubo.
- II. Verifique o reservatório de água; pressione a válvula de esfera para baixo para ver se há entrada de água. Não é esperada água a chegar ao tanque do telhado pois a adufa está fechada. A presença de água implica que exista uma ligação ilícita.
- III. Fechar as linhas de distribuição a partir do tanque e verificar se as torneiras em casa têm água. Nesta fase se houver água é porque há uma ligação ilícita. É de notar, no entanto que pode haver refluxo das canalizações do tanque até à torneira durante cerca de 1 minuto.
- IV. Depois, reverter o processo acima, abrir todas as linhas para garantir o AA às torneiras, com isto o fluxo de água deve ser restabelecido em todas as torneiras. Se houver uma torneira que não recebe água é muito provável que seja uma linha ilegal (que implica que uma válvula foi fechada).

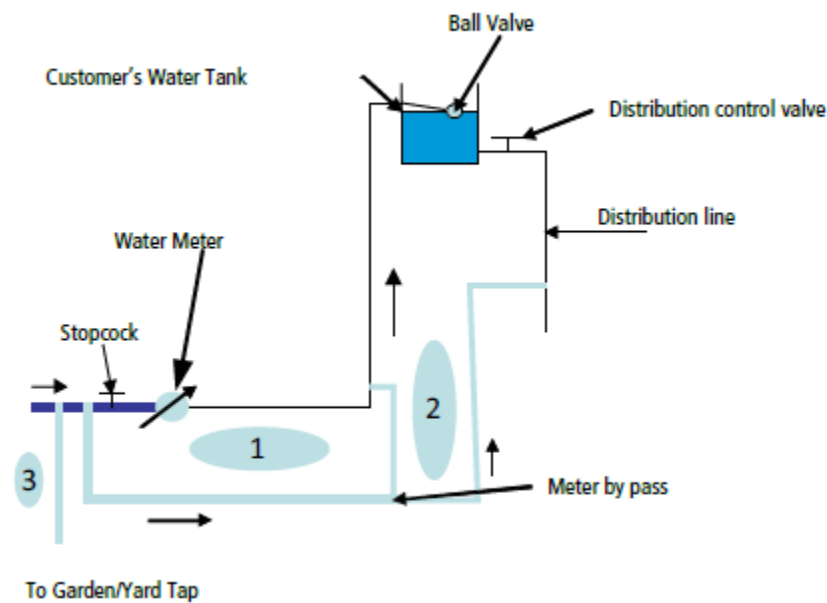


Figura 18 - Esquema típico de Contador com Bypass (UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme 2013).

2.12.3 Procedimentos para identificação e investigação de contadores revertidos, aberturas abusivas, de picagens e adulteração de contadores

Verificar sempre, se as setas do contador estão na direção de fluxo caso contrário, implica que o contador foi invertido. A posição da adufa também sugere a direção de fluxo. Convencionalmente a adufa está a montante do fluxo (antes do contador). No entanto há casos em que a adufa é colocada após o medidor para evitar adulteração do cotador.

Um outro indicador de uma reversão do contador é uma leitura mais baixa do que a leitura precedente.

Para as aberturas abusivas, deve-se fazer uma lista de clientes que deveriam estar sem fornecimento e visitar esses clientes no momento oportuno.

Para as picagens, deve-se também, fazer uma lista de clientes cujo consumo é inconsistente e aqueles cujo consumo é baixo.

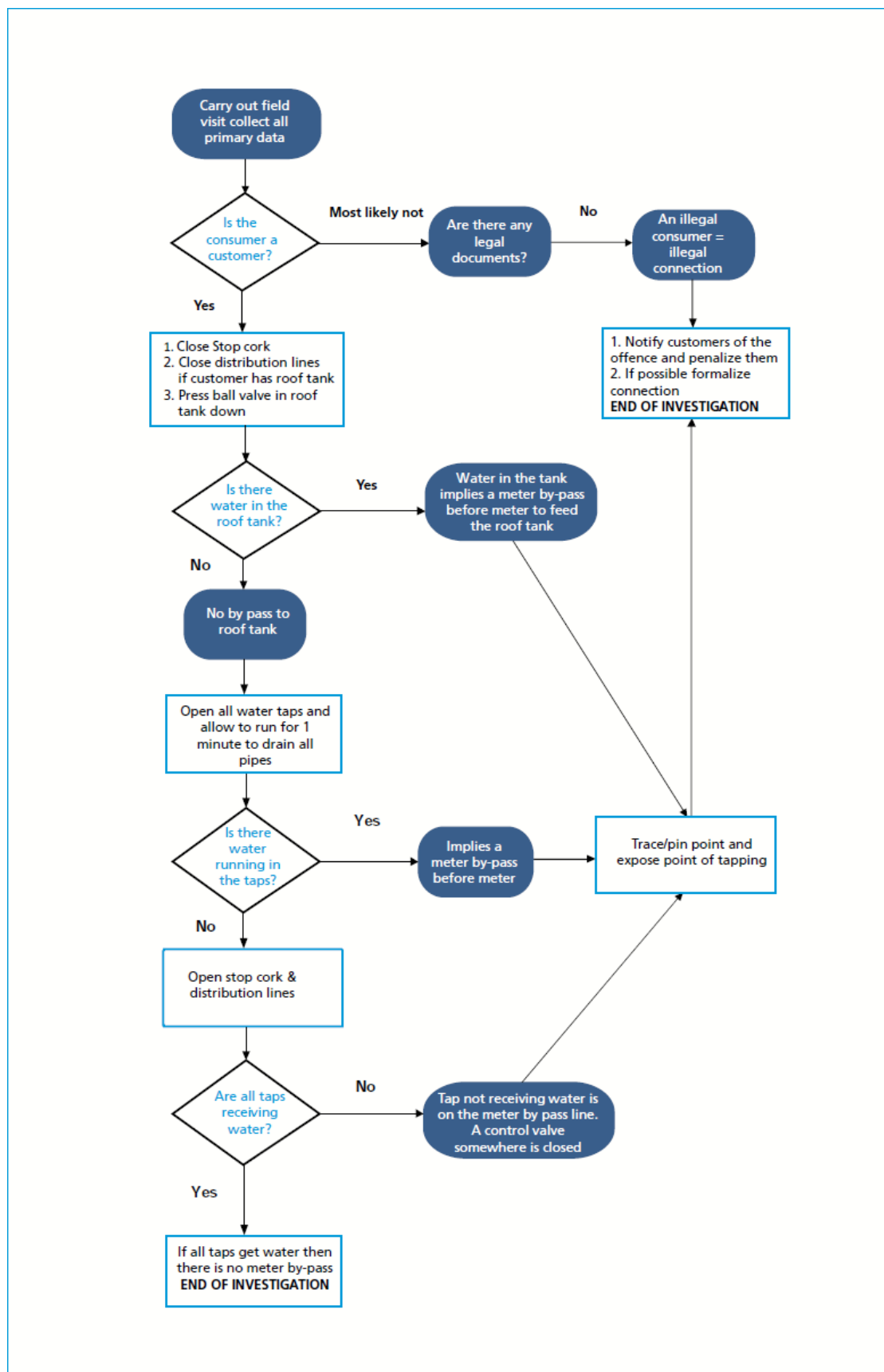


Figura 19 - Esquema para identificar bypass ou ligações ilegais (UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme 2013).

Por último, a adulteração do contador inclui a reversão física ou manual das leituras do mesmo. Sinais de um contador adulterado incluem:

- Um corpo brilhante do contador de água implica que ele está a ser mexido regularmente.
- Encaixes frouxos na conexão do contador, implicando que os encaixes estão abertos frequentemente - uma evidência de vazamento nos encaixes.
- Marcas de chave no tubo de encaixe.

2.13 Quantificação do consumo não autorizada

Numa primeira fase, é necessário fazer a revisão e avaliação, visando-se por este meio quantificar os vários tipos de perdas aparentes classificadas como consumo não autorizado.

A revisão e avaliação consistem assim em duas etapas: a análise da base de dados de clientes e a fiscalização no terreno.

A análise detalhada da base de dados do cliente é, portanto, um pré-requisito para a deteção de consumos não autorizados. A presunção de perda ou de fraude é estabelecida a partir da análise da base de dados do cliente.

- Número de clientes sem contador
- Número de consumos zero
- Número de consumos anormalmente baixo
- Número de clientes com cortes (por não pagamento) que não pediram uma religação

Com relação aos clientes registados, as visitas a uma amostra de clientes em risco permitirão ao operador definir a percentagem de anomalias reais que podem estar associadas a cada categoria de cliente.

Em contrapartida, no que diz respeito a clientes não registados, apenas através de vistorias apropriadas associadas à deteção de fraudes e realizadas em zonas piloto cuidadosamente escolhidas permitirão a estimativa da perda correspondente.

Para esta quantificação e deteção, pode-se ainda proceder a:

- Vistorias gerais em áreas piloto ou em áreas de amostras.
- Pesquisas de campo segmentadas em áreas selecionadas.
- Investigações específicas baseadas na análise preliminar da base de dados.

- Comparação com outras entidades de bases de dados de clientes (eletricidade, telecomunicações, impostos, etc.).
- Método do consumidor de "Alto risco"
- Declaração de fraude sobre processo de amnistia.
- Participação da comunidade na luta contra as ligações ilegais.
- Delação por outros clientes.
- Análise de mapeamento (SIG).
- Detecção de ligações ilegais no caso de grandes consumidores.
- Radar de penetração no solo (GPR) para detetar ligações ilegais como picagens, bypass e derivações.

Na conclusão do inquérito inicial aos clientes, será possível definir o tipo de investigação mais adequado a ser operado através de planos de ação:

- vistorias exaustivas
- vistorias parcialmente localizadas
- investigações específicas sobre um ou vários tipos de Anomalia

2.13.1 Conjunto de ações corretivas

- Para estabilizar a perda em seu nível atual;
- Para reduzir a perda.
- Melhorar os procedimentos operacionais da EG;
- Formular um plano de ação para mitigar perdas.

Como mencionado anteriormente, mesmo que o plano de ação seja bem-sucedido, os procedimentos existentes devem ser melhorados a fim de garantir a preservação ao longo do tempo dos resultados obtidos. Independentemente do caso em questão, há uma grande variedade de medidas que podem ser utilizadas. Estas medidas são descritas nos parágrafos seguintes, e é tarefa do decisor escolher a abordagem e medidas mais adequadas para atingir os objetivos desejados.

2.13.2 Detecção de Aberturas Abusivas

Uma pesquisa numa área piloto com o objetivo foi identificar perdas aparentes e as suas causas. Pode originar a atribuição dessas perdas a numerosas aberturas abusivas,

correspondente a uma percentagem de clientes que após terem sido cortados por não pagamento, fizeram eles próprios a religação de forma ilegal, ou seja, uma abertura abusiva.

Como tal, é importante visitar todos os clientes que foram cortados por não pagamento.

2.13.3 Métodos e Ferramentas

Tendo-se já falado de alguns métodos e ferramentas na procura de consumos não autorizados, podemos desta forma dividir los em dois grandes grupos:

- Métodos gerais: vistorias gerais ou parciais, investigações específicas baseadas numa análise preliminar da base de dados ou de estudos piloto, investigações aos grandes consumidores.
- Ferramentas específicas: tais como modelagem cartográfica SIG e sistemas Ground Penetrating Radar (GPR), utilização de ferramentas com Machine Learning (ML).

No caso dos grandes consumidores, mesmo que estas não sejam encontradas ligações clandestinas, os vistorias de grandes consumidores devem ser acompanhados por uma auditoria com dispositivos de medição. É sabido que um contador sobredimensionado não pode medir as taxas de fluxo pequenas (ou mede-as mal), geralmente causando subfacturamento altamente significativa.

Na verdade, do ponto de vista das relações com o cliente, é preferível lançar uma campanha de auditoria e reabilitação de contadores, aproveitando-a para procurar consumos não autorizados.

Se possível, é importante a comparação com as bases de dados de clientes de outras entidades gestoras, sejam elas de águas ou não. Este método requer acordos entre as várias entidades. Isto permite retirar metodologias de outras entidades com melhor gestão de clientes e bases de dados e assim, permitir a outras entidades mais fracas o seu desenvolvimento, neste ponto, é importante referir o exemplo da APDA.

2.13.4 Detecção simultânea de vazamentos não visíveis e ligações não autorizadas

Durante uma campanha para a deteção de vazamentos não visíveis, seja usando um detetor de vazamento ou um correlator de ruído de vazamento, uma ligação aberta produz aproximadamente o mesmo sinal como um vazamento. Se bem organizada, as campanhas para deteção de vazamentos invisíveis também podem permitir a deteção de ligações não autorizadas.

2.13.5 Radar penetrante no solo (GPR)

A GPR deteta tubulações subterrâneas independentemente do material que foi utilizado. Os primeiros dispositivos de GPR não tinham capacidades suficientemente elevadas, mas a tecnologia melhorou e, em determinadas circunstâncias, permite detetar ligações não autorizadas, como picagens.

Em particular, as condutas não devem ser colocadas a grande profundidade, que é geralmente o caso com ligações não autorizadas, tendo em conta a resistência do solo, o aparelho pode não conseguir detetar o ramal ilegal.

2.14 Sustentabilidade e Preservação de Resultados Alcançados a Longo Prazo

As medidas acima referidas permitirão manter a situação em controlo durante os primeiros meses após a operação. No entanto, a fim de garantir resultados duradouros, as causas subjacentes devem ser tratadas e devem ser estabelecidos mecanismos de controlo permanente. Sempre em vista da melhoria geral na gestão de clientes.

2.14.1 Melhorar a gestão de clientes

Pré-requisito: Evitar Desleixo

No lado do cliente, a desonestidade ou os padrões culturais podem explicar o uso não autorizado da água; no lado da EG, o desleixo é a principal causa.

Em alguns países em desenvolvimento, a taxa de perda aparente devido ao uso não autorizado da água é extremamente elevada. A reação inicial é muitas vezes justificar essa perda pelo contexto cultural. É verdade que o contexto cultural em relação ao abastecimento de água é, por vezes, de grande importância. Este é o caso de países onde a água é escassa, mas também em países onde água é encontrado em abundância.

Uma segunda reação é explicar o alto nível de consumo não autorizado pelas altas taxas de água em relação à baixa renda da população. Há sempre um grão de verdade nesta abordagem. É evidente que os diferenciais devem ser aplicados, para fornecer acesso à água a todos os estratos populacionais. Todavia, esta abordagem não pode, por si só, ter em conta o consumo não autorizado: muitas vezes, há mais ilícitos nos bairros ricos do que nos pobres.

Na verdade, uma situação muito pobre em termos de perdas aparentes é tipicamente explicada por anos de desleixo na gestão e pela falta de resultados resultante da impunidade perante ilícitos. Quando tal situação acontecendo há bastante tempo, inverter a tendência

pode ser muito difícil. Quando a desaceleração da situação é recente, é relativamente fácil definir as condições e as ações para manter a perda controlada.

Em primeiro lugar, o operador não deve admitir qualquer desleixo. As regras devem ser estritamente aplicadas e os consumidores devem estar plenamente conscientes disso. A imagem da EG da água beneficiará se os bons clientes (que não têm dívida ou consumo não autorizado) compreenderem que são eles a sustentar os gastos dos utilizadores fraudulentos.

2.14.2 Condições a serem cumpridas

As entidades gestoras de água que têm um bom desempenho em termos de perdas aparentes, cumprem consistentemente os mesmos pré-requisitos:

- Um direito jurídico claro.
- Boa comunicação com clientes.
- Organização eficaz para combater perdas aparentes.
- Treinamento e incentivo de pessoal.
- Política clara de contadores

Qualquer utilidade de água que está em estado crítico em termos de perdas aparente deve esforçar-se para seguir estas condições. No entanto, mesmo depois que o plano de ação para mitigar perdas comerciais for implementado com sucesso, esses pré-requisitos devem ser mantidos para garantir resultados duradouros.

2.14.3 Organização da EG de águas para mitigação de perdas comerciais

A organização da EG para mitigação de perdas comerciais depende do tamanho da EG e da magnitude do problema.

- Em pequenas entidades, o departamento de clientes lida com a deteção e liquidação de perdas comerciais: por vezes, duas ou três pessoas são suficientes.
- Grandes entidades têm por vezes um departamento especializado, que possa ter até 50 pessoas.

De seguida, alguns casos são apresentados para servir como fonte de inspiração.

- Criação de um centro de controlo do consumo para a deteção sistemática de ligações não autorizadas.

- Criação de um departamento de controlo de grandes consumidores.
- Criação do departamento de relações públicas especializado em áreas de baixa renda.

Deve-se notar que o departamento de relacionamento com o cliente (ou unidade) deve operar frequentemente em coordenação com o departamento de distribuição, que tem a capacidade de detetar ligações não autorizadas ou com o departamento de medição, que define a política de medição.

É também importante, estabelecer um comitê diretivo para permitir que os diversos participantes coordenem suas ações em relação a perdas reais e perdas aparentes.

Além destas questões, deve-se sempre investir no treinamento de novos elementos e na integração das mesmas, pela EG, nas diversas unidades orgânicas e criar programas de incentivo que motivem os trabalhadores a continuarem o bom trabalho. Na AdPorto, já existem equipas de trabalho de leitores e equipas de cortes, religações e revisões. Sendo que, atualmente, muitas das vezes são os leitores a reportarem consumos não autorizados.

2.14.4 Outros Métodos para Detecção de Ilícitos

Além dos métodos já mencionados de deteção de ilícitos, é ainda possível referir que existem métodos de construção de redes de abastecimento tais como o uso de materiais específicos em condutas e de aditivos específicos no solo podem ser métodos desencorajadores de ligações ilegais.

Ligações ilegais em ramais e condutas, podem ser minimizadas através da implementação de vários padrões de projeto, especificação e construção. Embora essas medidas minimizem as ligações ilegais, elas provavelmente ainda precisam de outras soluções não técnicas, como intervenções sociais e políticas para resolver o problema.

Quanto maior a pressão de operação das grandes condutas de abastecimento de água, maiores são os perigos de ligação ilegal às condutas e, portanto, há uma tendência a desencorajar esse tipo de atividade. As válvulas de liberação de ar do abastecimento de grandes volumes requerem proteção através de furos de manutenção com fechadura integrada, pois são alvos habituais de ligações ilegais em condutas de alta pressão. Outros projetos de engenharia relacionados e questões econômicas também devem ser considerados antes de aumentar a pressão de operação nas tubagens.

Condutas não metálicas e com pouca pressão na rede são mais suscetíveis a ligações ilegais. Um aumento da pressão resultará em maiores volumes de rutura e mais frequentes e as limitações de pressão em condutas em prédios são limitadas a certa pressão operacional

máxima. No entanto, dependendo da extensão das implicações econômicas, enterrar condutas em solos reforçados com aditivos pode ter algum impacto sobre desencorajar a prática de ligações ilegais.



Figura 20 - Representação de um contador em conduta vertical (Mercom Water Products 2019).

Contadores em condutas verticais que estão disponíveis a partir da autoridade de água de fontanários medidos para os empreiteiros usarem quando usam água de hidrantes. Hidrantes com medidores específicos operados pela EG, permitem controlar este consumo específico.

Em muitos países, o hidrante para uso doméstico é medido e operado por um funcionário contratado pela EG, adaptado de (Carteado e Vermersch 2016).

2.14.4.1 Volume de Subsistência

A passagem de um volume de subsistência, essencial à sobrevivência, irá reduzir o roubo de água para esse efeito.

Este volume de água de subsistência, já é algo que os novos contadores inteligentes das AdPorto, permitem deixar passar, permitindo ainda o corte de água sem deslocamento de equipas ao terreno. Esta ultima funcionalidade permite poupar nos custos da entidade de enviar uma equipa ao terreno permite ainda, na subsequente religação do AA, a mesma poupança, onde o próprio cliente liga o AA simplesmente clicando num botão do contador, de

modo a que se garanta a não inundação da instalação do cliente a quando da religação feita à distancia pela entidade gestora.

2.14.4.2 Dispositivos de controle de fluxo e volume

Dispositivos de controle de fluxo, como válvulas de esfera de fluxo fechado de três vias com trava total ou de orifício instalados no ponto de conexão, são úteis para limitar perdas devido a ligações não autorizadas.

Dispositivos compensadores sem pressão são geralmente usados como medida temporária de limitação de fluxo em resposta ao não pagamento de contas de água. Estes dispositivos podem ser um orifício simples inserido no tubo ou uma válvula de esfera travável. O último dispositivo não requer a remoção após o recebimento do pagamento e pode ser reutilizado no caso de qualquer não pagamento futuro.

Os dispositivos de controle de vazão com compensação de pressão são instalados em associação com tanques de armazenamento de pressão de rutura no local e válvulas de boia com saída de cabeça constante ou com uma válvula de sustentação de fluxo em linha. Esses dispositivos são geralmente usados para instalações permanentes que limitam o volume de fornecimento ao que os clientes podem pagar financeiramente e para garantir que o sistema de abastecimento opere dentro de critérios / critérios hidráulicos pré-definidos.

Dispositivos de controle de volume incluem sistemas de medição pré-pagos que consistem em sistemas eletrônicos ligados a medidores e válvulas solenoides.

Adaptado de (Carteado e Vermersch 2016)

2.15 Detecção de Ilícitos com Videoscopia

Posteriormente a uma análise dos dados do cliente através da base de dados existente da EG, é conveniente a vistoria e confirmação por parte de uma equipa no terreno por forma a confirmar os dados na base de dados e avaliar a probabilidade de haver um ilícito.

Tendo aferido essa probabilidade a melhor forma que há para a detetar (caso esta não seja visível diretamente) é, por exemplo, através de videoscopia. Tendo assim, que se proceder aos seguintes passos.

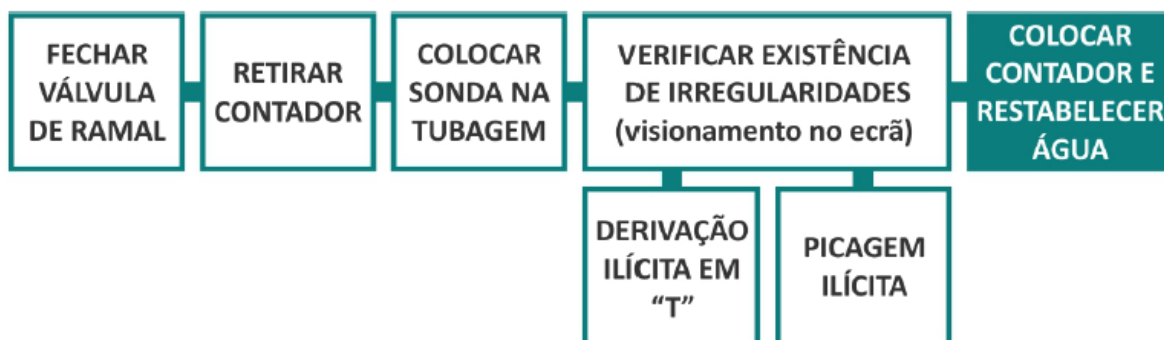


Figura 21 - Procedimento para videoscopia (Pereira 2019)

Com a videoscopia, é então possível detetar a existência de derivações ou picagens, que não são visíveis simplesmente olhando para o berço do contador (caixa do contador).

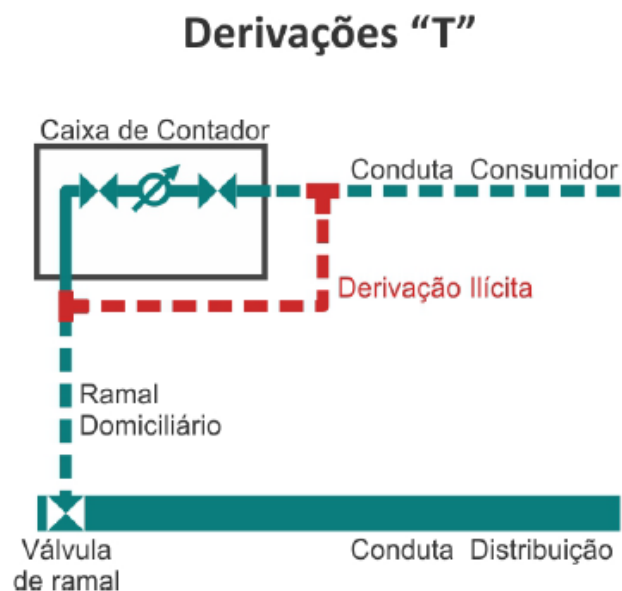


Figura 22 - Derivações em "T" ou bypass (Pereira 2019).

Picagens

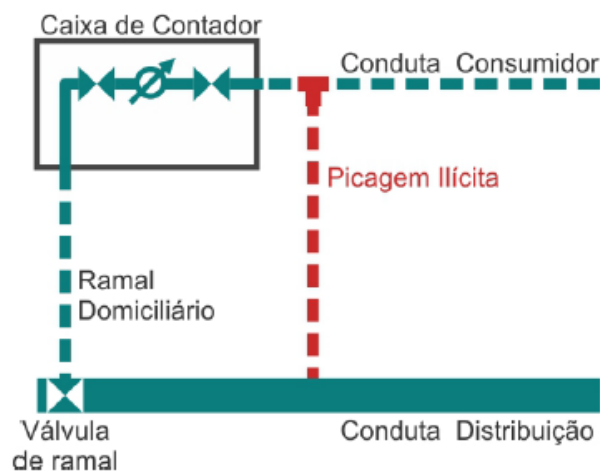


Figura 23 - Picagens (Pereira 2019).

Tal como em qualquer forma de otimização, por forma a maximizar os resultados e reduzir as despesas, deve-se:

- Analisar meticulosamente os dados referentes aos clientes consumidores
- Localizar espacialmente o cliente e os consumos
- Identificar informações anormais
- Estabelecer um padrão de consumo de água por tipologia de cliente



Figura 24 - Videoscópio (APDA 2017)

A figura acima, representa então, um equipamento de videoscopia com particular detalhe da cabeça flexível que contém a câmara.

2.16 Consumo não autorizado, caso prático EPAL

Como caso objetivo, temos a EPAL que, por forma a diminuir o número de ligações desconhecidas e de compatibilizar o cadastro físico da empresa com o sistema de faturação, foi levado a cabo um Plano de Levantamento e Compatibilização de Ramais.

“Este projeto teve um grande impacto ao nível da identificação de consumos ilegais e contribuiu muito significativamente para a qualidade das análises efetuadas no âmbito do Controlo Ativo de Fugas, designadamente no aumento da fiabilidade ao nível da identificação de clientes e respetivos consumos.” (Epal 2015)

“A componente das perdas aparentes associada à imprecisão dos contadores, subfaturação e eventuais erros comerciais constitui outro aspeto a considerar. Para combater estas situações, deve existir uma preocupação com a escolha adequada do tipo de medidores, o seu dimensionamento e condições de instalação, para além da periódica renovação do parque de contadores.” (Epal 2015)

É reconhecido que os contadores mecânicos tendem a apresentar uma submedição ao longo do seu ciclo de vida, que pode ser acelerada quando submetidos a regimes de funcionamento que não foram previstos. Neste sentido, salienta-se ainda que os contadores sobredimensionados tendem a submedir em condições de caudais baixos, podendo conduzir à existência de grandes discrepâncias entre a água medida e a que é efetivamente consumida. Sendo por isso prudente adotar uma substituição regular e fundada do parque de contadores, pois a submedição resulta numa perda de receitas.

2.16.1 Custos à Entidade Gestora face a Ilícitos

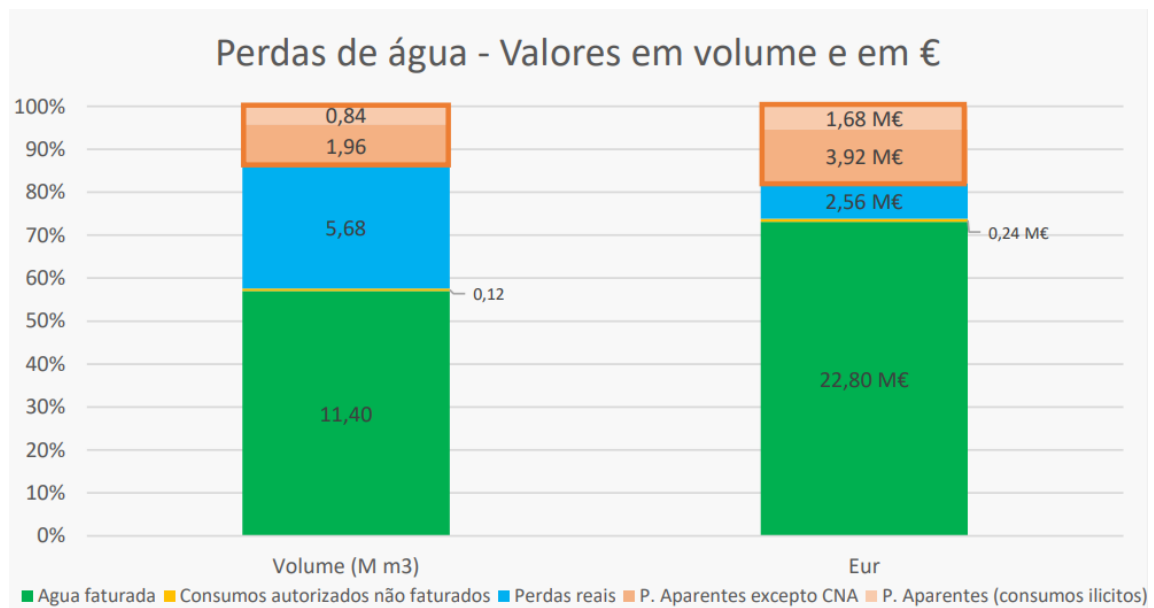


Figura 25 - Relação entre o volume e o valor financeiro de cada componente

“É notório o volume de perdas reais que representa cerca de 28% do volume total, e por isso, mais significativo que o volume de perdas aparentes que representa apenas cerca de 14% (9,8 + 4,2%). No entanto, quando se analisa estes volumes do ponto de vista financeiro (coluna à direita) o valor associado às perdas aparentes passa a ser mais representativo do que o valor associado às perdas reais. Tal situação deve-se ao facto de associado ao valor das perdas reais estar o custo de distribuição da água, enquanto que às perdas aparentes e por isso também aos consumos não autorizados está normalmente o preço de venda da água e do saneamento e por vezes a taxa de resíduos sólidos. Na figura apresentada, 4,2% em volume relativo a consumos não autorizados tem um peso económico (de faturação) de cerca de 66% comparativamente com os 28,4% de perdas reais, ou seja, aproximadamente 1,7M€, no período de um ano.” (APDA 2017)

“Considerou-se um preço médio de venda (água e saneamento) de 2€/m³ e um preço de compra de água de 0,45€/m³” (APDA 2017)

2.16.2 Detecções provenientes das Vistorias



Figura 26 - Consumo ilícito detetado (“t”) identificado através de videoscopia (APDA 2017)

Nas figuras acima, aponta-se para a utilização de videoscopia, na deteção de consumos não autorizados. Neste caso, temos assim um bypass, onde parte da água continua a passar pelo contador.

“Estas situações de consumo indevido são de difícil deteção, uma vez que o contador continua a registar consumo.” (APDA 2017)



Figura 27 - “Bypass” ao contador.

“Os atos de violação do contador, são mais uma forma utilizada para diminuir a sensibilidade de medição do aparelho. Os contadores podem ser adulterados de diversas formas, nomeadamente através da introdução de dispositivos metálicos, (como por exemplo agulhas ou arames) a bloquear o conjunto de medida do contador, o totalizador (relojoaria), a quebra do lacre e a manipulação da relojoaria, entre outros.” (APDA 2017)



Furo no
totalizador

Figura 28 - Exemplos contadores adulterados

“Podem ainda ser detetadas a colocação de ímanes de modo a travar ou abrandar o movimento do contador” (APDA 2017)

Nesta investigação foram ainda detetadas inversões do contador, que apesar de tudo, se houver fiscalização adequada é de fácil deteção e também houveram outras situações de fácil deteção. Como ligações diretas nos nichos dos contadores.

“Este tipo de fraude deteta-se por vezes em locais onde a entidade ainda não tem contrato ativo, ou mesmo em locais em que o proprietário instala/desinstala o contador de forma a criar um histórico de consumo que não corresponde à totalidade do valor consumido.” (APDA 2017)



Figura 29 - Ligações diretas nos berços dos contadores

Os consumos não autorizados podem ser combatidos, entre outros aspetos, através da monitorização contínua do histórico de consumo dos clientes.

A análise do histórico de consumo é um procedimento que deverá ser efetuado constantemente de modo a avaliar os locais a serem fiscalizados pela entidade gestora, nomeadamente através de:

- Fiscalização Local de Consumo; a grande maioria dos consumos não autorizados são detetados através de vistorias efetuadas no terreno.
- Inspeções por Videoscopia; verificar a existência de alguma derivação ilícita antes do contador.
- Telemetria; é uma ferramenta de suporte a plataformas analíticas pode ajudar de forma ativa a identificar a existência de consumos não autorizados.

“Apresenta-se um gráfico extraído de um software analítico, exemplificativo do resultado da análise dos dados gerados por um sistema de telemetria (rádio fixo).” (APDA 2017)

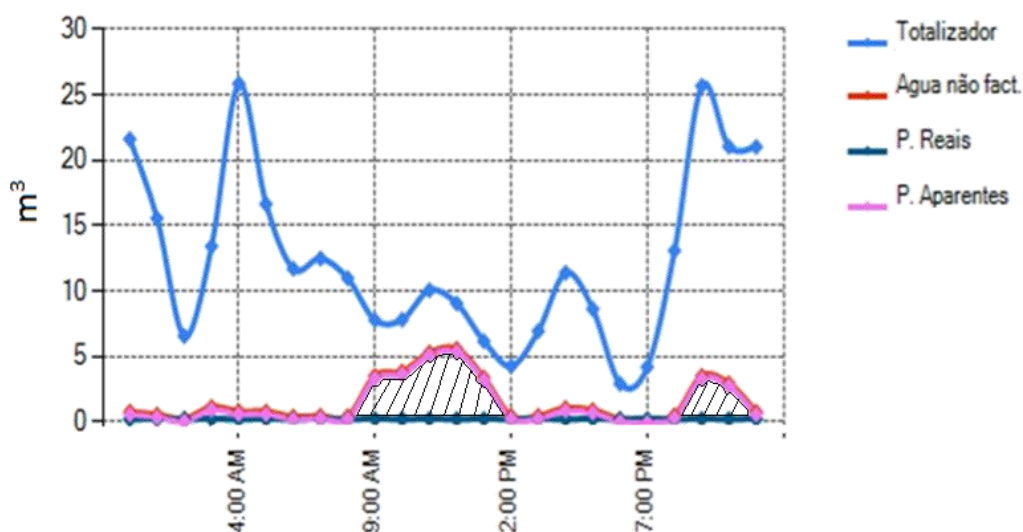


Figura 30 - Balanço hídrico de uma ZMC

O gráfico representa assim, o “balanço hídrico de uma determinada ZMC, com perfil horário e num período de 24 horas. A linha a azul representa o volume de água aduzido na ZMC, a linha vermelha representa o volume de água não faturada, a linha rosa o volume de perdas aparentes e a azul o volume de perdas reais, que nesta ZMC é quase nulo. No caso das perdas aparentes, destacam-se dois períodos do dia: o período entre as 8h e as 14h, responsável por quase 18 m³; e o período entre 20h e as 23h, responsável por cerca de 6 m³. A ineficiência de medição é praticamente nula, pelo facto de se tratar de um parque de contadores novo.

Fazendo a relação entre o volume de água não autorizado que foi consumido e a hora de consumo, é possível uma identificação rápida e precisa da ZMC onde o consumo não autorizado ocorre e com uma rápida deslocação ao terreno, identificar com alguma facilidade o responsável pelo consumo.” (APDA 2017)

2.17 Programação para Detecção de Consumos Anómalos

Neste ponto já temos algum conhecimento do tipo das variáveis a que devemos estar atentos de modo a detetar possíveis anomalias, mais propriamente, ilícitos na rede de AA.

Desta forma, foi escolhida a linguagem de programação *Python*, que serviu para criar um programa que segundo alguns critérios atribui uma probabilidade, agora designada, de probabilidade de ilicitude.

Primeiramente, criou-se o programa 1, sem *Machine Learning* de modo a que se obtivessem dados rotulados (se é ilícito ou não) que seriam posteriormente usados no programa 2, já com *Machine Learning*.

Esses dados foram então o consumo anual no último ano, o consumo do mês mais recente, o estado de corte da instalação (se está cortada ou não), o próprio estado de contrato da instalação e o estado da habitação.

Para se fazer este tipo de deteção o ideal é trabalhar os dados mais atualizados, para que deste modo quando se vai ao terreno a situação que se espera de antemão se confirme a quando da vistoria. Desta forma, com uma base de dados atualizada, é possível obter resultados bastante precisos.

Nos pontos seguintes, serão descritos os tipos de *Machine Learning*, bem como quais os algoritmos mais usados.

Importa ainda ressaltar, que ML são ferramentas de programação utilizadas no desenvolvimento de software de Inteligência Artificial. A IA, não é mais do que a criação de uma inteligência similar à inteligência humana, mas de origem artificial e para isso é então necessária a utilização de *Machine Learning*. Sendo ainda possível distinguir a criação de software de IA, de duas maneiras. Top-down e bottom-up, (similar às abordagens usadas no balanço hídrico) onde a primeira opção é a criação de IA, recorrendo à utilização de ML com algoritmos, por exemplo, supervisionados onde se inserem grandes quantidades de dados já classificados ou rotulados. A segunda alternativa é a criação de processos de ML, onde o software vai aprendendo a classificar diversas situações, normalmente com a utilização de redes neuronais e algoritmos de ML semi-supervisionado e/ou não supervisionado.

2.17.1 Tipos de *Machine Learning* (ML)

Os algoritmos de aprendizado de máquina têm como objetivo reduzir o código de programação, levando o sistema informático a aprender sem ser explicitamente programado para isso. Estes tipos de algoritmos são divididos em supervisionado ou não supervisionado.

2.17.1.1 Supervised machine learning algorithms

Este tipo de algoritmos são os mais utilizados. Os algoritmos supervisionados são assim chamados porque o processo de aprendizagem do algoritmo requer um do conjunto de dados de treino e teste, tal como um professor a supervisionar o processo de aprendizagem de um aluno. Neste tipo de algoritmos de ML, os possíveis resultados já são conhecidos de antemão e os dados de treino têm que estar rotulados de forma correta.

As aplicações deste tipo de algoritmos supervisionados recaem em dois grupos distintos, adaptado de (Tutorials Point 2019a):

- Classification - Quando quero distinguir resultados binários, isto é, 0 ou 1; sim ou não; masculino ou feminino...
- Regression - Quando o tipo de resultados é não binário, por exemplo, o preço das casas no mercado imobiliário...

Exemplos de algoritmos supervisionados são: decision tree, random forest, knn, logistic.

2.17.1.2 Unsupervised machine learning algorithms

Como o nome sugere, este tipo de algoritmos de machine learning não têm qualquer supervisão que forneça qualquer tipo de orientação. É por isso que os algoritmos de aprendizagem de máquina não supervisionados estão intimamente alinhados com o que alguns chamam de verdadeira inteligência artificial.

As aplicações deste tipo de algoritmos podem ser divididos nas diferentes categorias, adaptado de (Tutorials Point 2019a):

- Clustering - Nestes problemas é necessário descobrir os agrupamentos inerentes aos dados. Por exemplo, agrupar clientes consoante o seu comportamento de compra...
- Association - Nestes problemas é pretendido descobrir as regras que descrevem grandes porções de nos dados. Por exemplo, encontrar os clientes que compram x e y.

Exemplos de algoritmos não-supervisionados são: K-means for clustering e Apriori algorithm for association.

2.17.1.3 Reinforcement machine learning algorithms

Estes tipos de algoritmos de machine learning são pouco usados, pois são treinados para tomarem decisões muito específicas. Em suma, a máquina é exposta a um ambiente onde se treina continuamente usando o método de tentativa e erro. Esses algoritmos aprendem com a experiência do passado e tentam captar o melhor conhecimento possível para tomar decisões precisas, adaptado de (Tutorials Point 2019a).

Como exemplo deste algoritmo temos: Markov Decision Process machine learning algorithms.

2.17.2 Algoritmos mais comuns de Machine Learning

2.17.2.1 Linear Regression

É um dos algoritmos mais conhecidos em estatística e machine learning.

O conceito básico principal na regressão linear é um modelo que assume uma relação linear entre as variáveis de entrada 'x' e a única variável de saída 'y'. Por outras palavras, pode-se dizer que 'y' pode ser calculado a partir de uma combinação linear das variáveis de entrada 'x'. A relação entre as variáveis pode ser estabelecida ajustando-se a uma melhor linha, adaptado de (Tutorials Point 2019a).

Como tal, há dois tipos distintos de linear regression:

- Simple linear regression - O algoritmo é assim chamado se tiver apenas uma variável independente.
- Multiple linear regression - O algoritmo é assim chamado se tiver mais de uma variável independente.

Como tal, a regressão linear é usada principalmente para estimar os valores reais com base na variável contínua. Por exemplo, a venda total de uma loja num dia, com base em valores reais, pode ser estimada por regressão linear (Tutorials Point 2019a).

2.17.2.2 Logistic Regression

É um algoritmo de classificação que é usado para estimar valores discretos como 0 ou 1, verdadeiro ou falso, sim ou não com base num determinado conjunto de variável independente. Basicamente, ele prevê a probabilidade, portanto, sua saída reside entre 0 e 1.

2.17.2.3 Decision Tree

Decision tree é um algoritmo de aprendizado supervisionado que é usado principalmente para problemas de classificação.

Em suma, é um classificador expresso como partição recursiva com base nas variáveis independentes. Decision tree tem nós que formam a árvore enraizada. Árvore enraizada é uma árvore iniciada com um nó chamado “root”. Root, não tem quaisquer arestas (ramos) de entrada e todos os outros nós têm uma aresta de entrada. Esses eles são chamados de folhas ou nós de decisão.

A vantagem deste algoritmo para os demais supervisionados é que se obtém um diagrama onde é possível ver qual o tipo de critérios que o algoritmo usa de modo a tomar uma decisão quanto à classificação de novas entradas. Além de permitir um tempo de treino muito menor do que algoritmos como SVM.

De acordo com a adaptação feita de (Tutorials Point 2019b), decision trees são o algoritmo mais proeminente que recai sob a categoria de supervised algorithms.

Gini Index, é o nome da função usada para avaliar a divisão binária na base de dados em conjunto com o objetivo de rotulação “Sucesso” ou “Falha”.

Como o nome sugere uma Decision Tree é uma estrutura do tipo árvore com nós internos que representam um teste a uma determinada variável, cada ramo representa o resultado desse teste e cada folha representa a classificação que lhe foi atribuída (Swamynathan 2017).

Os caminhos desde a raiz às folhas representam as regras de classificação. Assim, a Árvore de Decisão consiste em três tipos de nós, adaptado de (Swamynathan 2017).

- Nó da Raiz
- Nó do Ramo
- Nó da Folha (atribuição de rótulo)

A figura seguinte é um esquema representativo de uma árvore de decisão:

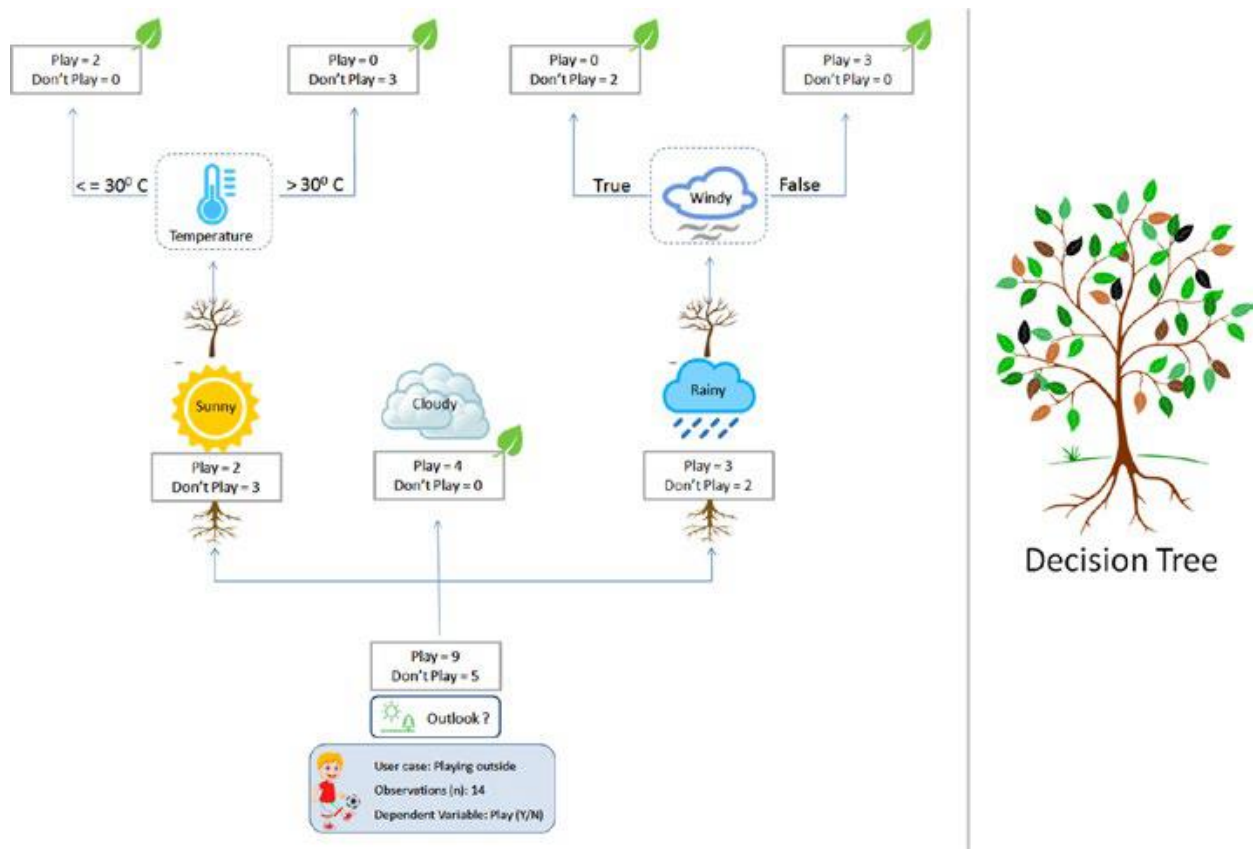


Figura 31 - Exemplo de síntese DT (Swamynathan 2017).

A árvore de decisão divide-se e cresce da seguinte forma, adaptado de (Swamynathan 2017):

- O algoritmo base é conhecido como um algoritmo greedy, no qual a árvore é construída de maneira recursiva, de dividir e conquistar, de cima para baixo.
 - No início, todos os exemplos de treino estão na raiz.
 - Os dados de entrada são particionados recursivamente com base em atributos selecionados.
 - Os atributos de teste em cada nó são selecionados com base de um exemplo de medida de impureza heurística ou estatística, Gini ou ganho de informações (entropia).
- ✓ $Gini = 1 - \sum_i (p_i)^2$, onde 'pi' é a probabilidade de cada rótulo.
 - ✓ $Entropy = -p \log_2 p - q \log_2 p$, onde 'p' e 'q' representam a probabilidade de sucesso num dado nó.

As condições para o fim da partição são as seguintes:

- Todas as amostras para um determinado nó pertencem à mesma classe.
- Não há atributos remanescentes para particionamento adicional e a votação por maioria é empregada para classificar a folha.
- Não restam amostras.

Por fim, os fatores chave que finalizam o crescimento da árvore são:

- `max_features`: recursos máximos a serem considerados ao decidir cada divisão, Default = "None", o que significa que todos os recursos serão considerados;
- `min_samples_split`: a divisão não será permitida para nós que não igualem o número escolhido;
- `min_samples_leaf`: o número de nós folha terá que ser igual ao mínimo de amostras;
- `max_depth`: nenhuma divisão adicional será permitida, Default = "None".

2.17.2.4 Support Vector Machine (SVM)

Usado para problemas de classificação e regressão, com maior uso nos de classificação. O principal conceito de SVM é introduzir cada dado num ponto no espaço n-dimensional com o valor de cada recurso correspondente ao valor de uma coordenada específica. Neste contexto, 'n' o número de variáveis que teríamos.

2.17.2.5 Naïve Bayes

É também uma técnica de classificação. A lógica por de trás dessa técnica de classificação é usar o teorema de Bayes para classificadores de construção. A suposição é que os preditores são independentes. Em suma, ele assume que a presença de um determinado recurso numa classe não está relacionada à presença de qualquer outro recurso. Em baixo está a equação do teorema de Bayes.

$$P(AB) = P(BA)P(A)P(B)$$

2.17.2.6 K-Nearest Neighbors (KNN)

É usado para a classificação e a regressão dos problemas. É amplamente utilizado para resolver problemas de classificação. O principal conceito deste algoritmo é que ele é usado para armazenar todos os casos disponíveis e classifica novos casos por maioria de votos dos

seus vizinhos 'k'. Neste sentido é atribuído à classe que é a mais comum entre seus K-nearest neighbors, medida por uma função de distância. A função de distância pode ser euclidiana, Minkowski e Hamming distância.

A usar KNN, devemos considerar:

- Computacionalmente KNN são mais demorados do que outros algoritmos usados para problemas de classificação.
- A normalização de variáveis é necessária, caso contrário os resultados tornam-se tendenciosos.
- Em KNN, é necessário trabalhar os dados de forma a remover o ruído.

2.17.2.7 K-Means Clustering

Como o nome sugere, ele é usado para resolver os problemas de clustering. É basicamente um tipo de unsupervised learning. A lógica principal em K-Means clustering algorithm é classificar o conjunto de dados por meio de um número de clusters. As estas etapas seguidas para formar clusters por K-means são:

- K-means escolhe 'k' número de pontos para cada cluster conhecido como centroides.
- Depois, cada ponto de dados forma um cluster com os centroides mais próximos, ou seja, 'k' clusters.
- Por fim, ele encontrará os centroides de cada cluster com base nos membros do cluster existentes. Sendo necessário repetir essas etapas até que ocorra convergência.

2.17.2.8 Random Forest

É um algoritmo de classificação Supervisionado. A vantagem de um algoritmo random forest é que ele pode ser usado tanto para classificação como para regressão. Resumidamente, é a junção de várias decision trees (i.e., floresta). O conceito básico de random forest é que cada árvore dá uma classificação e a floresta escolhe as melhores classificações dessas árvores. Os exemplos seguintes são os melhores em termos de aplicação de Random Forest algorithm.

- Random forest classifier pode ser usado para tarefas de classificação e regressão.
- Podem lidar com a ausência de valores.
- Não provoca overfitting no modelo.

2.18 Decreto Lei 194/2009

De acordo com o artigo 60º do Decreto-Lei 194/2009, o abastecimento de água aos utilizadores pode ser interrompido no caso de serem detetadas ligações clandestinas ao sistema público, quando são detetadas anomalias ou irregularidades no sistema predial identificadas pela EG no decorrer de inspeções ao mesmo ou ainda por mora do utilizador no pagamento dos consumos efetuados, sempre com aviso prévio.

Os sistemas prediais estão sujeitos a ações de inspeção da EG sempre que haja suspeita de fraude. O proprietário deve permitir o livre acesso da EG desde que avisado, por carta registada ou outro meio equivalente, com uma antecedência mínima de oito dias, de acordo com o artigo 70º do Decreto-Lei 194/2009.

Segundo o ponto 2 do artigo 71º do Decreto-Lei supramencionado, os utilizadores não devem fazer uso indevido ou danificar qualquer infraestrutura ou equipamento dos sistemas públicos de abastecimento de água. O que significa que qualquer ação que inclua a retirada do contador por parte do utilizador, a violação da adufa e do selo colocado no momento da suspensão do abastecimento de água constituiu uma infração do disposto neste número, sujeita a uma coima entre 1 500 a 3 740 € no caso de pessoas singulares e 7 500 a 44 890 € no caso de pessoas coletivas.

2.19 Carácter Penalizador e Dissuasor do Processo Contraordenacional

“Uma estratégia de redução de consumos não autorizados deve incluir uma componente de sensibilização dos consumidores para o uso correto das instalações prediais. É igualmente importante punir os clientes infratores objetivando que estes não voltem a reincidir através da introdução de uma cultura de cumprimento. Assim sendo, a instauração do processo contraordenacional aquando da deteção de um ilícito é uma das medidas a adotar obrigatórias, de forma a pôr fim à prática do mesmo.” (APA 2015)

“O processo contraordenacional inicia-se por elementos externos à entidade gestora, a saber, denúncia particular e entidades policiais e ainda elementos internos à entidade gestora, nomeadamente por participação elaborada por colaboradores dos mais diversos serviços ou unidades orgânicas, no uso da sua competência funcional ou em ações de fiscalização. Este último é de grande importância para a entidade gestora já que os factos presenciados e recolhidos no local constituem importantes elementos de prova e os primeiros existentes nos autos e com a dotação das equipas de apoios informáticos como tablets há o registo automático da participação com a agregação das respetivas fotografias. Tal mecanismo

permite também a redução de tempo na tramitação do processo contraordenacional”. (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017)

Feita a denuncia, a fase seguinte é a de instrução e decisão. Na instrução, temos o apuramento exaustivo da verdade: desde o envio da acusação, a inquirição de testemunhas e análise de defesas escritas, a confrontação das declarações das testemunhas com as declarações de quem levantou a participação e eventualmente a solicitação de novos elementos de prova ao serviço participante, até que seja possível o apuramento da verdade.

A próxima fase, é então, a instrução, que pode envolver os funcionários da EG que detetaram a irregularidade.

O processo culmina com a decisão, que pode ser de arquivamento ou condenação do arguido.

Como forma de resumo, a figura seguinte, representa o “ciclo característico” do processo contraordenacional.

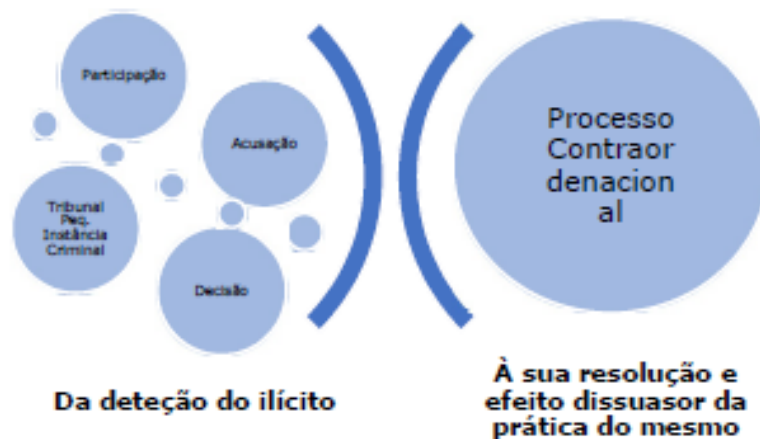


Figura 32 - Ciclo do Processo Contraordenacional (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017).

Além das comuns formas de ilicitude já referidas, como ligações diretas e aberturas abusivas tomadas no processo contraordenacional, existem casos de interligação de redes, por exemplo de poços privados, que também sofrem um processo de contraordenação.

“Importa salientar que a situação económica do arguido, o benefício económico obtido e os antecedentes contraordenacionais são fatores a ponderar na fixação da coima em concreto, porém, não devem ser dissociados do fator existência de dívida em execução fiscal com planos em cumprimento, evitando-se maior degradação das condições de vivência do próprio arguido/devedor. Por vezes a sanção de admoestação poderá ser suficiente para acautelar a reincidência e o maior empobrecimento/endividamento do infrator. A experiência de partilha da informação obtida nas contraordenações (Polícia Municipal, Segurança Social, entre

outras) é facultada ao serviço responsável por execução fiscal, isto porque, se a contraordenação descobre onde se encontra o infrator, automaticamente o serviço responsável por execução fiscal passa a identificar também a morada do devedor” (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017)

Em três pontos o sucesso do processo contraordenacional, deve-se aos seguintes fatores, (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017):

- Equipa multidisciplinar envolvida no processo, que deve estar consciente da importância da punição de atos ambientalmente intoleráveis e o seu contributo para os objetivos globais de proteção do ambiente, melhoria da qualidade das massas de água e consequente diminuição do volume de água não faturada;
- Dotação das equipas de terreno com equipamentos informáticos simples que permitam captar várias condutas ilícitas com elementos de prova e ainda reportá-las rapidamente ao serviço que instrui o processo;
- Envolvimento de todos os serviços da entidade gestora no apuramento da verdade sempre que solicitado.

Muitas das falhas que levam ao arquivamento do processo contraordenacional, devem-se e consequente absolvição do arguido, por falta de prova dos factos. Como exemplo refere-se o consumo de água para obras na habitação, onde o contrato se encontrava anteriormente rescindido. Situações similares caem em não condenação devido ao exposto.

“O arguido contratou um terceiro para proceder a determinadas obras no imóvel, entregando-lhe as chaves para que procedesse a tais obras. Esse terceiro utilizou água obtida nas torneiras para executar as obras, nunca tendo comunicado ao arguido que o contador se encontrava cortado e selado, nunca tendo visto o contador. Outra terceira pessoa, ajudante da primeira, ligava o passador no contador quando chegava ao local e voltava a fechar antes de sair. O tribunal considerou como não provado que o arguido tivesse conhecimento da rescisão contratual e que tenha querido e conseguido restabelecer o fornecimento de água sem autorização da entidade gestora, acabando por não ser culpabilizado o mesmo.” (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017)

Outro fator que não permite a condenação é a passar dos prazos de notificação do infrator.

“Cadastro, em alguns casos, desatualizado leva à tramitação de processos contra pessoas cuja ilegitimidade só mais tarde é detetada, o que fragiliza os processos e a sua tramitação e a entidade gestora apenas mais tarde verifica que o arguido não é o autor dos factos. Ainda nesta situação e consultada a Segurança Social ou através do recurso à Polícia Municipal apenas mais tarde é apurado que no local reside um terceiro, sendo, necessariamente, essa

informação facultada ao serviço comercial para a respetiva atualização contratual. Por outro lado, esta informação pode e deve ser remetida ao serviço responsável pelos cortes de água por falta de pagamento para a suspensão do serviço em caso de existência de dívida” (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017)

“Em forma de síntese, depreende-se que os objetivos estratégicos definidos no PEAASAR 2010 em eixos a previsão como objetivos operacionais, a melhoria da acessibilidade física do serviço de saneamento de águas residuais, a redução da água não faturada e a aposta na fiscalização e sancionamento são instrumentos para a prossecução dos objetivos estratégicos definidos e tornam irreversível o processo contraordenacional neste contexto, constituindo uma ferramenta cada vez mais necessária, indispensável e indissociável dos objetivos delineados” (Sousa, Oliveira, e Chichorro 2017)

Como última nota, vale ressaltar, que a legislação permite às autarquias tramitar o processo contraordenacional. Como tal, cada autarquia ou EG deve utilizar dos meios ao seu alcance, nomeadamente, utilizando as contraordenações como forma dissuasiva no combater ao consumo não faturado.

2.20 Conclusão do Estado da Arte

Depois da pesquisa bibliográfica efetuada, ressalva-se a importância da água na qualidade de vida das populações e no desenvolvimento socioeconómico do país.

Apesar de todos o progresso feito ao longo dos anos pelas diferentes EG gestoras do país, Portugal, ainda tem muitas empresas de águas com perdas superiores a 20%. Algo que nos dias de hoje, com a atual preocupação ambiental que se faz sentir não só na União Europeia, mas no mundo, aliada à quantidade quase infinita de ferramentas e metodologias de gestão de água é, totalmente inaceitável.

Com o atual acesso à informação, com todos os estudos já existentes sobre como diminuir perdas de água e tendo em conta as atuais condições climáticas e o aumento da escassez de água que se tem vindo a verificar em particular ritmo alarmante nos últimos anos não só em Portugal, mas no resto do mundo, as EG têm assim, a obrigação de diminuir as suas perdas de água. Neste sentido há ainda um longo caminho a percorrer de modo a promover uma maior eficiência na utilização da água.

Destrinçou-se as perdas de água em perdas reais e perdas aparentes. As primeiras corresponder essencialmente a fugas nos sistemas de abastecimento e as segundas correspondem a água que foi consumida, mas não foi faturada. Sendo que na maioria dos casos, as perdas aparentes, têm um impacto financeiro superior às perdas reais.

Fundamentalmente, as perdas aparentes são então derivadas dos erros de medição, dos erros humanos, dos erros informáticos, de procedimentos e do consumo não autorizado. Sendo que se incidiu com particular atenção nesta última componente.

Os consumos não autorizados incluem as ligações ilícitas, a manipulação de contadores, a utilização indevida de hidrantes e ainda algo que acontece com maior regularidade a abertura abusiva do abastecimento de água após o corte, sobretudo, por falta de pagamento.

Uma das metodologias mais utilizadas para reduzir as perdas aparentes é a utilização de telemetria. No entanto, apesar desta tecnologia ser vantajosa na redução dos erros de medição, dos erros humanos e na deteção de situações de adulteração do contador em particular se for telemetria com concentradores, convém salientar que não é suficiente e que devem ser adotadas outras medidas de deteção e redução na componente das perdas aparentes.

No que diz respeito aos consumos ilícitos, verificou-se que as EG não vão muito além da deteção de ilicitudes por parte dos leitores, no entanto as empresas de águas devem investir na identificação preventiva deste tipo de fraude de forma a evitar a sua impunidade e consequente expansão.

De salientar, ainda, que os consumos ilícitos decorrentes da suspensão do fornecimento de água são uma realidade preocupante em muitas EG. Em Portugal, este tipo de situações é muito frequente quer pela situação económico-financeira do agregado familiar quer pela existência de clientes que se recusam a pagar a fatura da água. Como tal, é fundamental que existam bases de dados atualizadas com os dados dos clientes desde a celebração do contrato entre o mesmo e a EG até ao último corte ou religação efetuada à instalação do cliente.

No seguimento de investir na identificação preventiva de ilícitos, foi estudada a possibilidade de utilizar ferramentas de programação, com incidência em ferramentas de Machine Learning, de modo a que estas permitissem a previsão de novos ilícitos, com elevada precisão.

Concluindo, a redução das perdas aparentes através da minimização de consumos não autorizados e, em particular, a deteção de consumos ilícitos é ainda um desafio para muitas EG que se têm limitado a combater as perdas reais ou estão ainda a iniciar a redução das perdas aparentes.

3 Âmbito e Objetivos

3.1 Âmbito

Após a recolha bibliográfica realizada foi possível constatar no que diz respeito a perdas aparentes e em específico à deteção de ilícitos (consumos não autorizados) a informação existente é vasta, o que pode faltar muitas vezes à EG é a criação de estratégias e medidas de combate concretas e pensadas de modo pormenorizado e específico para a resolução dos seus problemas com incumpridores. Existem já algumas das variáveis (ou fatores) que permitem a deteção de ilícitos, porém verifica-se alguma inércia por parte das EG, por forma a tomar medidas que reduzam ao mínimo este tipo de atividades que representam elevados prejuízos monetários para a mesma.

No que diz respeito à deteção de aberturas abusivas, ligações diretas e de adulteração de contadores, a implementação de contadores de telemetria pode ser útil, no entanto há que salientar o desaproveitamento que as EG fazem dos dados obtidos por estes equipamentos.

A fim de explorar novas metodologias e utilizar ferramentas inovadoras que permitam a redução das perdas aparentes, a elaboração deste trabalho, incidiu na criação de um programa em Machine Learning, com linguagem Python, que permitisse prever ilícitos nas instalações da cidade do Porto, subservientes à EG.

A dissertação, foi assim, desenvolvida em ambiente empresarial, nas Águas do Porto, EM. Pretendeu-se com isto, tirar partido da experiência que a entidade possui no setor de abastecimento de água, tendo sido possível o acesso a dados reais, fundamentais para a concretização do estudo que será apresentado.

3.2 Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma nova Metodologia de Deteção de Ilícitos, com recurso a *Machine Learning*. Esta metodologia, permite, assim, a de redução das perdas aparentes e tendo a dissertação sido desenvolvida na Águas do Porto, utilizou-se como caso de estudo a própria cidade do Porto. As ferramentas de programação servem assim, o propósito de reduzir a quantidade abismal de instalações que a EG teria que fiscalizar todos os meses (cerca de 159 000 instalações) para um número de instalações onde essa probabilidade de ilicitude é quase certa.

Para este efeito, destacam-se os seguintes pontos:

- ✓ Desenvolvimento de uma nova abordagem na deteção de ilícitos;
- ✓ Determinação das variáveis relevantes na deteção de ilícitos;
- ✓ Criação de um algoritmo inicial em *Python*, sem *Machine Learning*, de modo a obter dados rotulados, de instalações com Ilícitos;
- ✓ Criação de um modelo em *Machine Learning*, de modo a treinar o algoritmo;
- ✓ Deteção e previsões de instalações com ilícitos, através de *Machine Learning*;
- ✓ Validação do Programa criado e desenvolvido;
- ✓ Contabilização do volume de água não faturada proveniente dos ilícitos detetados;
- ✓ Cálculo dos prejuízos e poupanças associadas à resolução dos ilícitos detetados.

4 Apresentação da Empresa

“O Sistema de Abastecimento de Água do Porto é um sistema público da responsabilidade da empresa Águas do Porto, EM, que tem como objetivo o serviço de água potável a toda a população da cidade do Porto, assegurando uma taxa de cobertura de 100%” (Águas do Porto E.M 2019a).

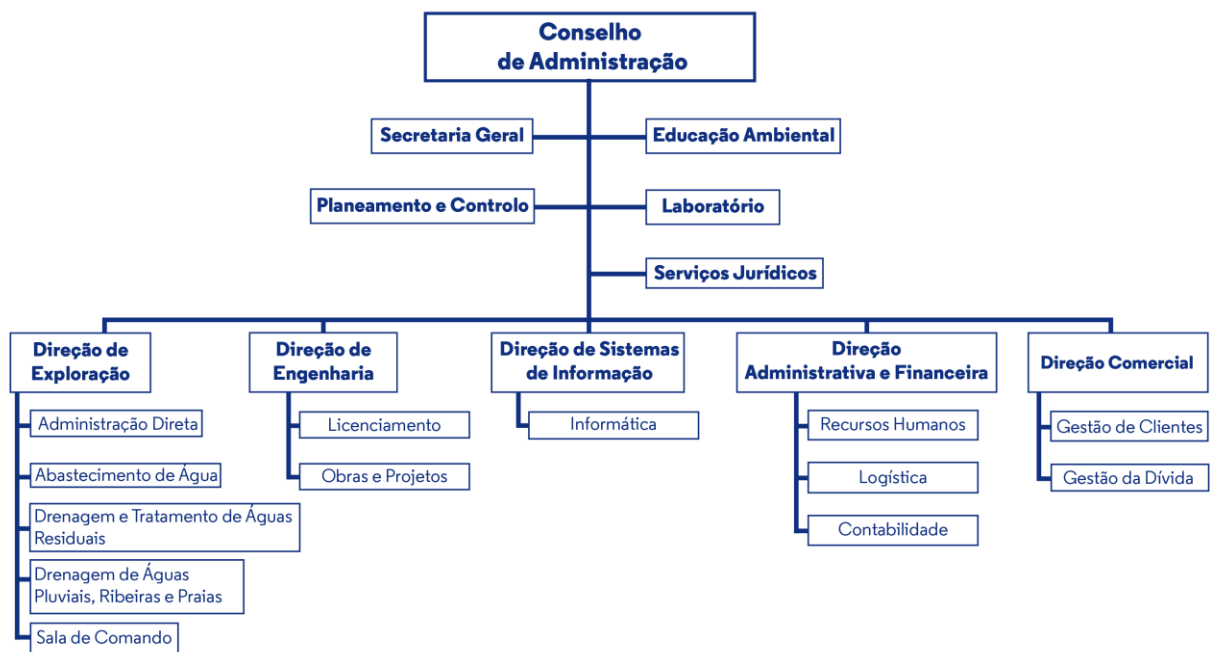


Figura 33 - Organograma da Empresa

“A água distribuída tem origem no Rio Douro, em Lever, nas captações da empresa Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP), entidade responsável pela captação, tratamento e fornecimento de água em alta aos municípios da Região do Grande Porto” (Águas do Porto E.M 2019a).

“O Sistema de Distribuição de Água engloba várias componentes, das quais é fulcral referir as condutas adutoras que fazem a adução da água proveniente da AdDP até aos reservatórios municipais do Porto, os próprios reservatórios que fazem o armazenamento da água e a regularização dos consumos, as estações elevatórias que elevam a água até aos pontos de cota mais elevada, as condutas distribuidoras que conduzem a água aos consumidores finais, os ramais de água que ligam os prédios domiciliários à rede pública de distribuição e os elementos patrimoniais públicos, nomeadamente as fontes ornamentais, os fontanários e os bebedouros” (Águas do Porto E.M 2019a).

“A cidade, de topografia ondulada, desenvolve-se ao longo de aproximadamente 42 km², entre o nível do mar e a cota 160 metros. A Águas do Porto, EM, é responsável pelas etapas de armazenamento e distribuição do sistema de abastecimento de água, designado sistema em baixa. Atualmente, fornece água a cerca de 150 000 clientes” (Águas do Porto E.M 2019b).

“A água distribuída tem origem nas captações de Lever I - Gaia, Lever II - Porto e Estação de Tratamento de Água (ETA) de Lever. O sistema adutor em alta desenvolve-se desde a ETA até aos reservatórios multimunicipais de Jovim e de Ramalde. A partir destes, o fornecimento de água à cidade do Porto realiza-se através de dois eixos adutores principais, um a norte, através da Estrada da Circunvalação, e outro a sul que abastece o reservatório de Nova Sintra (ambos os eixos da responsabilidade da AdDP)” (Águas do Porto E.M 2019b).

“A água é assim fornecida à empresa Águas do Porto, EM, a partir de 12 pontos de entrega, distribuídos pelos dois eixos adutores, perfazendo um volume médio diário de 57 000 m³. Destes pontos de entrega, a água é encaminhada para seis reservatórios municipais e, de forma direta, para a rede de distribuição ao longo do eixo adutor da Estrada da Circunvalação” (Águas do Porto E.M 2019b).

“A jusante dos pontos de entrega, as condutas principais fazem a adução das reservas em baixa, articulando-se com os seis reservatórios do sistema, correspondentes a uma capacidade total de armazenamento de 125 450 m³ (reserva para mais de dois dias de consumo). A rede de distribuição de água tem uma extensão total de 818 km, sendo que 59 km correspondem a condutas adutoras e 759 km a condutas distribuidoras, e possui cerca de 71 000 ramais domiciliários” (Águas do Porto E.M 2019b).

Áreas	Unidade	2018	2017
Operacional			
Clientes	N.º	156 920	155 667

Figura 34 - Tabelado Relatório de Contas 2018 (CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto EM 2018).

ECONOMIA E FINANÇAS			
Volume de negócios	Euros	41 221 731,74	40 290 246,03
EBITDA	Euros	14 555 668,15	14 989 497,83
Resultado operacional (EBIT)	Euros	7 910 786,12	8 619 317,02
Resultado líquido	Euros	6 025 810,06	6 575 538,35
Cash-Flow (Fluxo das Atividades Operacionais)	Euros	8 710 632,99	10 551 174,47

Figura 35 - Volumes de Negócio (CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto EM 2018)

O Regulamento Interno dos Serviços Municipais de Águas e Saneamento do Porto tem por objeto os sistemas de distribuição pública e predial de águas residuais domésticas, no concelho do Porto, de modo a que seja garantido o seu funcionamento global, garantindo-se a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes.

A alínea b) do artigo 286 do regulamento supramencionado, define que os utilizadores não devem fazer uso indevido ou danificar as instalações prediais, neste contexto considera-se que a violação do selo colocado no momento da suspensão do fornecimento de água e a abertura abusiva constituem uma infração deste número, que pode dar origem a uma contraordenação com uma coima definida no regulamento das Águas do Porto, EM.

Toda a água fornecida pela empresa para consumo doméstico, comercial ou industrial e para reserva de incêndios é sujeita a medição segundo o ponto 1 do artigo 281º do Regulamento dos Serviços Municipais de Águas e Saneamento do Porto e, portanto, o estabelecimento de ligações diretas constitui uma violação do disposto neste número, já que neste caso não há contabilização da água fornecida.

5 Trabalho Realizado

À priori, é importante referir que antes de se começar a trabalhar, em concreto, no programa final em ML com algoritmo de Decision Tree para previsão de ilícitos, inicialmente começou-se por estudar outro tipo de formas alternativas de deteção de ilícitos. Neste seguimento, este capítulo explica o tipo de abordagem usada e demonstra qual o trabalho e o avanço que se fez com esses métodos alternativos.

Importante ainda mencionar, que o critério de corte de AA usado pela EG é feito tendo em conta 2 faturas em atraso com soma maior ou igual a 50€. Este tipo de corte por falta de pagamento é também o que leva posteriormente a mais ilícitos, através de aberturas abusivas.

Uma vez que a dissertação foi executada em ambiente empresarial e como o objetivo do trabalho implica a deteção de ilícitos, foi ainda possível ir ao terreno acompanhar equipas (de cortes) na sua rotina de revisões, cortes e religações. Que consiste, respetivamente, em visitar instalações onde o AA foi cortado anteriormente e instalações onde o corte do AA foi emitido, nomeadamente por falta de pagamento das faturas ou deteção de ilícitos reportados pelos leitores. Já as religações, são o procedimento de religação do abastecimento de água, posterior ao corte, nomeadamente, após o cliente ter saldado a sua dívida.

As revisões permitem, assim, a verificação da situação das instalações onde houve corte no abastecimento de água e não houve subsequente religação. Algo que levanta logo suspeitas de ilicitude, a menos que a instalação tenha ficado vaga ou devoluta, posteriormente ao corte.

As imagens que estão inseridas neste capítulo e posteriores, foram retiradas já numa fase de rotulação de dados, para a criação do programa nº 2.

5.1 Idas ao terreno

Inicialmente, foram feitas esporádicas idas ao terreno, com as equipas que fazem cortes e religações, de modo a conhecer e identificar, todo o tipo de atividades e relações que a EG e em particular a unidade orgânica de Gestão da Dívida, têm com o cliente.

Neste sentido, foi possível constatar como se procede ao corte no AA, quer na presa quer na adufa e à sua religação; bem como a identificação e retificação de situações de ligações ilícitas, nomeadamente, ligações diretas, aberturas abusivas e adulterações de contador.

Posteriormente, todas as idas ao terreno foram feitas com o propósito de retirar dados rotulados, de Ilícitos e Não Ilícitos, com listagens (das instalações) retiradas por mim através do Programa Nº 1, sem *Machine Learning* e no fim para validação do Programa Nº 2, com *Machine Learning* e algoritmo em *Decision Tree*.

De seguida, serão apresentadas diversas imagens demonstrativas das interações da unidade orgânica de gestão da dívida com os clientes.

A imagem abaixo, representa um nicho de contador onde, apesar de pouco perceptível, o contador se encontra adulterado. Neste caso em específico, foi possível detetar a danificação do equipamento, pois a quando da rotação do mostrador para verificação do estado do mesmo e confirmação da leitura, foi possível observar a oscilação do mecanismo interno e não sendo a idade do contador superior a 10 anos (sendo o limite legal de 12 anos), indica clara utilização danosa por parte do cliente.

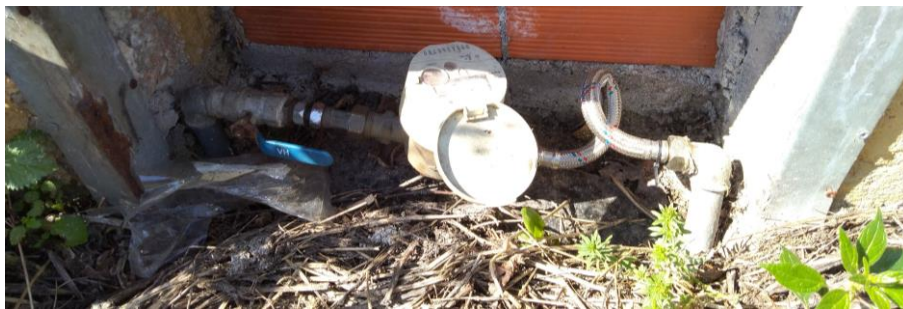


Figura 36 - Contador com mecanismo interno adulterado.

Como tal, procedeu-se à substituição do contador representado na figura acima. Para isso e como não existe adufa neste nicho de contador, foi necessário cortar o AA na tomada, para depois se trocar de contador e posteriormente reabrir o AA na tomada, estando assim a legalidade reposta.



Figura 37 - Adufa enferrujada e sujeita e rotura.

Nesta situação, figura acima, foi verificado que a adufa está num estágio avançado de enferrujamento, pelo que a contínua utilização da mesma provoca um risco de rotura da mesma. Desta forma, a entidade gestora fica com o encargo de proceder à substituição da mesma.



Figura 38 - Chave de manobras usada para cortar e reabrir o AA na presa ou tomada.

Na figura acima, é possível ver-se a chave de manobras inserida na tomada ou presa, de modo a que se proceda ao corte do AA. Este corte na tomada, é denominado por corte efetivo e é o mais eficiente quanto a clientes que são reincidentes na prática de ilícitos, pois a sua reabertura exige uma chave especial tanto para abrir como para cortar a água. Porém, este tipo de corte nem sempre pode ser executado, uma vez que na maioria dos casos a mesma tomada serve para fornecer água a mais de um cliente, no caso de prédios ou a mais de uma instalação, no caso de casas geminadas.



Figura 39 - Ligações diretas em nicho de contador

Na figura anterior, vemos num nicho de contadores duas ligações diretas, sendo que já existe uma ligação sem contador, ou seja, já com “taco”. O “taco” não é mais do que uma peça metálica que permite a selagem do ramal e é muito utilizada para resolver situações de ligações diretas. Para isso é necessário cortar temporariamente o AA na presa, retirar as ligações diretas, colocar o “taco” e posteriormente religar o AA na presa, para que as restantes instalações continuem a receber água.



Figura 40 - Adufa normal à direita e macho cego à esquerda.

Nesta figura, é possível ver à esquerda um “macho cego” e à direita uma adufa normal (válvula de corte). O macho cego é usado quando o cliente é reincidente em ilícitos, nomeadamente em aberturas abusivas. O macho cego serve assim o propósito de que o cliente, mesmo que viole o selo da adufa e tente indevidamente rodar a adufa de modo a que esta deixe escoar água, não o consiga fazer. Este tipo de metodologia é muito eficaz quando não é possível fazer o conte efetivo, isto é, na tomada, por haver mais contadores de clientes cumpridores a serem alimentados pela mesma tomada.



Figura 41 - Aberturas Abusivas

Como caso mais comum, temos assim, a figura anterior. À esquerda, deparamo-nos com o selo de corte forçado (violado) e a adufa alinhada com o ramal de abastecimento. Indicativo de que o cliente mexeu no nicho de contador, nomeadamente, na adufa, algo que implica claramente um ato de ilicitude. Já à direita, encontramos a reposição da legalidade, o selo violado foi retirado e foi colocado um novo selo de corte, onde se pode ver claramente que a

adufa está na perpendicular em relação ao ramal de abastecimento, indicativo de que o AA está cortado.

5.2 Contadores Inteligentes

Durante o trabalho da dissertação foi ainda possível ver os novos contadores que estão a ser usados em algumas instalações piloto, pela EG. Além de permitirem a contagem normal da água consumida, permitem toda uma nova panóplia de outras funções que podem ser exploradas tanto para benefício da entidade gestora como do próprio cliente. Dentro das quais e particularmente úteis nesta temática de redução de perdas aparentes, ressalva-se a possibilidade de corte do abastecimento de água à distância e o fornecimento do caudal mínimo de sobrevivência. Sendo ainda possível a deteção de fugas e consumos anómalos, bem como a possibilidade da criação de um alerta que seja enviado ao cliente, de modo a que este seja informado, caso esteja a consumir mais água que o habitual. Desta forma, o cliente pode controlar melhor, os seus gastos de água.



Figura 42 - Contador inteligente, instalado pelas AdP, numa instalação piloto

Nos contadores inteligentes após ser efetuado o corte, pela internet sem que seja necessário a deslocação de uma equipa de cortes ao local, o que poupa à empresa entre 20 e 25€, o cliente após normalizar a situação para que seja possível religar o AA água, tem apenas que pressionar no botão de aparência metálica que existe na caixa azul do contador, de modo a que o embolo deixe passar caudal novamente, isto claro, após previa ativação do abastecimento de água (pela internet) por parte da entidade gestora. Este tipo de

procedimento de religação permite evitar situações de inundação da casa do cliente, caso a água fosse reaberta e, não estando ninguém em casa, tivesse ficado uma torneira aberta.

Neste processo de corte e posterior religação, ocorre um desgaste prematuro da bateria, o que leva à substituição prematura do contador. Uma forma de contornar esta durabilidade das baterias é a colocação de dispositivos capazes de gerar eletricidade de modo a carregar a bateria do contador através do escoamento da água pela conduta ou estudar uma forma de substituir apenas as baterias do equipamento, algo que atualmente ainda não é possível.

Os dispositivos geradores de eletricidade, mencionados, poderiam ser do tipo: microturbinas. Este tipo de tecnologia já está em desenvolvimento, tal como se pode ver pela notícia no anexo 1, feita pela (Lusa 2018).

Com estes contadores é também possível ter leituras do cliente ao minuto, tudo numa plataforma digital. Onde é possível detetar fugas e consumos irregulares. Desta forma, é possível disponibilizar este tipo de informação ao cliente, por exemplo através da APP (aplicação) da Águas do Porto, de modo a que o cliente possa aceder aos seus consumos e ver, por exemplo, se tem alguma fuga na sua habitação. Seria também interessante o cliente poder, em caso de ausência prolongada da habitação fechar o AA à habitação, de modo a evitar fugas derivadas das elevadas pressões nos ramais. Este serviço podia ser então, disponibilizado pela Entidade Gestora de forma gratuita ou não, consoante a vontade e necessidade da entidade e até consoante o escalão de faturação de cada cliente.

A aplicação deste tipo de tecnologia em ramais de ZMC, possibilitaria ainda um maior controlo de perdas de água na rede, quer das perdas reais quer das aparentes. Sendo possível cortar remotamente secções da rede (à distância, sem necessidade de deslocação ao terreno) por forma a identificar a fuga e enquanto esta não for solucionada impedir o vazamento de água, diminuindo os gastos à entidade gestora.

Algo a ter em conta, é a dimensão/diâmetro do “contador” que teria de ser diferente dependendo do diâmetro da conduta em causa e para estas situações em particular a religação do AA ao ramal poderia ser feita sem que fosse necessário alguém pressionar num botão, isto claro, nos ramais anteriores ao ramal da instalação.

5.3 Detecção de Ilícitos, nos últimos anos, na AdPorto

Como forma de análise global foi feito um rastreio, à quantidade de ilícitos que foram detetados pela EG nos últimos 3 anos.

Tabela 1 - Quantidade de Ilícitos, descoberta nos referidos anos e respetiva média.

2018	2017	2016	Media dos 3 Anos
910	760	836	835

Na tabela acima, além de ser possível verificar que em 2018 foram registrados 910 casos de ilícitos, durante um ano é possível obter a média dos últimos três anos. Após se obter esta média, de 835 ilícitos/ano, é fácil verificar que a EG consegue, até à data e sem a ajuda do programa criado, detetar cerca de 70 ilícitos/mês.

Posteriormente, será amplamente explanado, todo o tipo de dados retirados através dos programas desenvolvidos, mas fica já a comparação de que com o Programa nº 2, com ML, foi possível detetar, na fase de validação do mesmo, um total de 1096 instalações/mês com elevada probabilidade de terem um ilícito. Desde já se pode ver, o grande potencial da utilização deste tipo de metodologias na redução das perdas aparentes, numa entidade gestora de águas. Onde através do programa criado, consigo detetar 16 vezes mais, o numero de instalações ilícitas detetadas pela entidade gestora, atualmente.

5.4 Abordagem Inicial às Perdas

Numa primeira fase do desenvolvimento desta dissertação, analisou-se a viabilidade de encontrar ilícitos através de discrepâncias entre os consumos dos contadores totalizadores e dos divisionários. Seguindo-se o seguinte processo de trabalho.

A partir da base de dados disponibilizado pelas AdP em formato Excel, onde estavam presentes todos os contadores totalizadores e respetivos divisionários; procedeu-se à soma anual dos consumos por local de consumo, coluna “R”.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	eTotalizador	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Telemetria	Ano 2018	Soma Totalizadores
VERDADEIRO	0	11	0	4	0	6	0	4	0	0	0	0	12	Não	37	147892
FALSO	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	4	3	Não	42	
FALSO	4	4	4	4	7	5	4	6	0	4	5	4	4	Não	51	
FALSO	9	8	6	8	11	8	6	10	4	7	10	7	7	Não	94	
FALSO	-2	4	-1	2	2	2	-1	1	0	1	3	1	1	Não	12	
FALSO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	3	Não	15	
FALSO	5	13	16	12	17	14	9	15	8	11	18	12	12	Não	150	
FALSO	9	8	7	8	6	7	4	8	4	5	3	4	4	Não	73	
FALSO	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Não	2	
FALSO	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	Não	19	
FALSO	10	10	8	9	12	9	11	12	11	11	13	11	11	Não	127	

Figura 43 - Parte do Excel com Contadores Totalizadores e Divisionários

Como referência geral, obteve-se a soma desta coluna (que contém os valores das contagens dos totalizadores mais divisionários no ano todo) 4 739 352 m³ de água. Calculou-se também a soma total dos totalizadores e divisionários, respetivamente, 147 892 e 4 591 460 m³.

De um modo geral o que se pretende analisar com estes valores é se os totalizadores estão ou não, a medir toda a água que passa para os divisionários.

Com este tipo de análise, pretende-se assim detetar eventuais ilícitos, porém, é primeiro necessário descartar algumas possibilidades:

- Fugas nos ramais de ligação e/ou cisterna entre o contador totalizador e divisionários, neste caso é esperado que a medição do totalizador seja superior à dos divisionários;
- Gastos em pontos de água de acesso comum (exemplo: em prédios, torneiras para lavagem de partes comuns, tipo halls), também se esperam leituras de totalizadores superiores aos divisionários;
- Variações de caudal em cisternas que permitam a medição de caudal no totalizador (exemplo: quando se enche a cisterna), mas que não passe água nos divisionários), esperam-se leituras de totalizadores superiores aos divisionários;
- Se todos os contadores, totalizadores e divisionários, se encontram em perfeitas condições de funcionamento sem submedições ou sobremedições, nesta hipótese já é possível ter valores nos totalizadores inferiores ou superiores;
- Estimativa de medições, tanto nos totalizadores como nos divisionários, neste caso também se pode esperar valores de totalizadores superiores ou inferiores aos divisionários. Esta variabilidade de valores pode ser colmatada a partir da instalação de contadores com telemetria (tanto no totalizador como em todos os divisionários) ou através da instalação dos novos contadores inteligentes...

Feito este despiste e caso se encontre uma disparidade entre a medição dos totalizares e divisionários, há uma grande probabilidade de existir um ilícito no ramal predial.

- i. Se o totalizador medir mais que os divisionários, pode significar que existe uma ligação que faz um bypass ao divisionário, mas que passa pelo totalizador.
- ii. Se o totalizador medir menos, pode significar que há introdução de água no sistema, mas que esta passa apenas pelo divisionário. Por exemplo, água com origem de poço.

Posteriormente, fez-se uma tabela de modo a identificar as medições dos contadores totalizadores e divisionários, tendo sempre em conta se estes são de leituras por telemetria ou não.

É de notar que as medições de telemetria ao apresentarem valores positivos significa que ocorreram gastos de água relativos às condições a), b) e c) ou à situação i; referidas anteriormente.

Tabela 2 - Quantidade de Contadores

Contagem Totalizador	Contagem Divisionário	Com Telemetria	Sem Telemetria
2755	51638	13608	40785
5%	95%	25%	75%
Com Telemetria	Com Telemetria		
623	12985		
23%	25%		
Sem Telemetria	Sem Telemetria		
2132	38653		
77%	75%		

Inicialmente pode-se observar que o número de contadores totalizadores é muito inferior ao de divisionários, algo já esperado, contabilizando apenas 2 755 (5%) do total de contadores, dos quais apenas 23% têm telemetria. Já os divisionários são 51 638 (95% do total) dos quais só 25% têm telemetria.

Tabela 3 - Medições dos Contadores, foque no tipo de Contador

éTotalizador	Telemetria	Medição [m3]	Total
VERDADEIRO	Não	120920	147 892
VERDADEIRO	Sim	26972	
FALSO	Não	3486130	4 591 460

FALSO	Sim	1105330	
-------	-----	---------	--

Para melhor visualização dos mesmos dados, fizeram-se duas tabelas para se poder agrupar os totalizadores (tabela 3) e telemetria (tabela 4).

Tabela 4 - Medição dos Contadores, foque na Telemetria

éTotalizador	Telemetria	Medição [m3]	Total
VERDADEIRO	Não	120920	3 607 050
FALSO	Não	3486130	
VERDADEIRO	Sim	26972	1 132 302
FALSO	Sim	1105330	

Tendo por premissa que a faturação é feita pelos contadores divisionários e não pelos totalizadores, temos o seguinte entendimento.

Para mais informações relativas à faturação nos contadores divisionários, recomenda-se a consultar dos anexos 2 e 3, com respetivas referências bibliográficas: (Mendes 2014), (Tribunal da Relação de Lisboa 2016) e ainda (Câmara Municipal de Matosinhos 2014).

Tabela 5 - Valores dos Contadores

Valor Totalizador	295 784 €
Valor Divisionário	9 182 920 €

Relativamente à análise da tabela 3, constata-se que houve 147 832 m³ de água que não foram contabilizados pelos contadores divisionários, o que representam perdas para a EG de 295 784 €, caso não se fature o excesso dos totalizadores. Assumindo uma tarifa de 2€/m³, valores disponíveis na tabela 5. Porém no caso em concreto das AdP, esta entidade já atribui faturas do excesso dos totalizadores aos condomínios.

Tabela 6 - Valor Parcelar de cada tipo de contador

éTotalizador	Telemetria	Preço	Percentagem
VERDADEIRO	Não	241 840 €	3%
FALSO	Não	6 972 260 €	74%
VERDADEIRO	Sim	53 944 €	1%
FALSO	Sim	2 210 660 €	23%

Pela análise da tabela 4, é possível calcular o valor associado a cada tipo de contador, totalizador ou divisionário, telemetria ou não.

Já nos valores disponíveis na tabela 6, consta-se que dos totalizadores consegue-se ainda ir buscar 4% da faturação, equivalente a 295 784 €. É de notar que estes valores apenas se referem a medições e faturação de um único mês. Assumindo um consumo regular ao longo do ano, obtemos um valor de faturação anual proveniente exclusivamente dos totalizadores de 3 549 408 €.

Por último, nos casos em que o excedente do totalizador tem um valor negativo, pode significar que o totalizador está em submedição ou os divisionários em sobremedição. Os dados analisados neste caso foram também em totalizadores por telemetria, por razões já mencionadas, e uma vez que o valor mínimo de excedente negativo foi de -23 m^3 esta análise foi dada como terminada, pois, é facilmente justificada por erros de medição nos contadores. Neste caso a maior diferença da soma da medição dos divisionários é de 1197 m^3 , representando assim um erro de 2%.

Tabela 7 - Erro associado aos 3 Contadores com Mínimo Excedente

Excedente Totalizador [m^3]	Soma do Consumo nos Divisionários	Erro
-23	1197	1,9%
-19	12222	0,2%
-16	1789	0,9%

Feita esta análise inicial e tendo inclusive nos casos de maior discrepâncias entre totalizadores e divisionários, ter sido efetuada uma ida ao local de consumo de modo a perceber qual o motivo da mesma, tornou-se claro que este tipo de análise não permitiria uma elevada taxa de deteção de ilícitos pelo simples facto desta só ser possível nos prédios multifamiliares, pois são as únicas instalações que têm totalizadores. Inclusivamente, das idas ao terreno num dos casos vistoriados de maior discrepância entre totalizador e divisionários, foi-nos informado que a rede de AA tinha sofrido uma rotura, logo este tipo de situações recai no caso já previsto na alínea a).

Em nota de conclusão, este tipo de vistorias a contadores totalizadores e divisionários deve ser feita não apenas tendo como principal objetivo a deteção de ilícitos, mas sim a procura de fugas ou roturas a rede, não esquecendo, claro o eventual aparecimento de algum ilícito.

5.4.1 Vistoria às instalações com sobremedição no totalizador

Identificadas as moradas que apresentam maior volume de excedente foi então programada uma ida ao terreno de modo a tentar perceber o motivo do ocorrido.

Instalação nº1 = Após a análise dos dados do Excel, onde se detetou um excedente no totalizador de 2875 m³/ano (em 2018), foi feita uma saída ao terreno de modo a tentar determinar qual o motivo da situação em que se encontrava o prédio em questão. Tendo chegado ao local, identificou-se o contador em questão, porém, devido à grande dimensão do edifício o próprio segurança que controla o prédio não sabia indicar com precisão a localização dos reservatórios de água, nem soube dar informações de possíveis roturas da rede, que tivessem ocorrido. Por este motivo, não foi possível determinar o motivo do excedente detetado. Todavia, uma vez que se trata de um prédio, onde o rés-do-chão e primeiro andar possui diversas lojas e inclusive um porteiro a possibilidade de ilicitude foi descartada.

Instalação nº2 = Este contador totalizador, apresentava um consumo excedentário de 1637 m³/ano. Após a ida ao terreno foi descoberto que no condomínio tinha ocorrido uma fuga nos ramais do totalizador para os divisionários que já tinha sido reparada, também se questionou o “porteiro” sobre a existência de alguma cisterna, mas nesta localização não existe nenhuma.

Tabela 8 - Percentagem que não passa nos Divisionários

Excedente Totalizador [m ³]	Soma do Consumo nos Divisionários	% Que não passa nos Divisionários
2875	4093	70%
1637	6756	24%
1411	169	835%

Na instalação que está em terceiro lugar com maior volume de excedente, é possível verificar uma percentagem de consumo excessivo, no valor de 835%, muito maior que nos casos com maiores perdas de volume, mas na deslocação ao local, conclui-se que a causa mais provável fosse a rotura de condutas, entre o totalizador e o divisionário.

Nesta terceira situação a probabilidade de haver um bypass ao totalizador é maior, tendo em conta a pura percentagem de excedente que não passa pelo totalizador e tendo em conta que há apenas 1 divisionário associado ao totalizador. A ida ao local não foi possível pois a instalação encontra-se numa zona problemática onde o acesso a equipas da EG tem de ser combinado com auxílio da polícia municipal.

5.5 Idealização do Programa, em Python

Tendo a abordagem inicial ao problema não ter trazido os resultados desejados, enveredou-se por outro caminho, ainda com o mote da redução das perdas aparentes e principalmente, na deteção de ilícitos.

Para isto, foi então imaginada a viabilidade da criação de um programa, em Python, capaz de prever ilícitos com base nas informações que a EG já possui. Através deste programa seria então possível à entidade gestora fazer uma análise em BackOffice, que apontaria para possíveis ilícitos, no terreno.

Uma vez que para a criação do programa em Python, não foi possível ter acesso à totalidade de informação da entidade gestora, foram previamente determinadas quais as variáveis que permitem a deteção de ilícitos.

Para esta determinação, além de já se ter algumas variáveis em mente, que são apontadas nalguns dos textos referidos no capítulo nº 2, foi também usada, a informação obtida até então, angariada das diversas idas ao terreno que foram feitas a par das equipas de corte.

Após alguma deliberação, foram então selecionadas as seguintes variáveis:

- I. Tipo de contrato (ativo ou não...)
- II. Consumo do ano transato [m³]
- III. Consumo do último mês [m³]
- IV. Nº de ilícitos (Historial...)
- V. Cortados (se a instalação foi cortada do AA ou não)
- VI. Estado da habitação (habitado, desabitado...)

Das seis variáveis mencionadas e tirando o caso das variáveis numéricas e binárias, como é o caso da variável dos ‘consumos’ ou do Nº de Ilícitos e do ‘cortados’; convém examinar em particular, as seguintes variáveis.

Tipos de contrato:

- 12 - Contrato em vigor = contrato com faturação mensal normal de AA.
- 13 - Reativado de Inspeção = equipa já foi ao local concluir o processo de AA.
- 14 - Contrato novo não faturado = ainda não saiu a primeira fatura do contrato.
- 15 - Contrato novo pendente de O/S= ainda não foi instalado contador.
- 18 - Suspenso = contrato suspenso pela entidade gestora por leituras serem sempre iguais, indício de que a habitação está desabitada e o AA está cortado.

- 91 - Rescindido = este tipo de contrato parte da denúncia do cliente que pretende cancelar o AA à sua habitação. Este tipo de contrato não está incluído na base de dados usada para correr o programa. Contudo, nalguns casos são detetados ilícitos nestes contratos quando o leitor vai inspecionar outro contador e deteta anomalias num contador ao lado que não aparece na sua lista de visitas. Numa fase seguinte pode-se usar este tipo de “contratos” para verificar a probabilidade de estarem a ser usados para cometer ilícitos.
- 1 - Indefinido = na base de dados existe também uma instalação com esta designação, porém, esta entrada trata-se de um outlier...

Estados da habitação:

- 2º habitação
- Ao abandono
- Ausente
- Demolido
- Emparedado
- Estrangeiro
- Fechada
- Habitada
- Ruínas
- Vago/devoluta

5.5.1 Teste do Conceito do Programa, em Excel

Antes da criação do programa em Python, foi criado um programa em Excel com base no mesmo algoritmo que posteriormente foi usado em Python, por forma a fazer um pré-teste e avaliar se é possível através das variáveis escolhidas prever instalações com ilícitos.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Estado Contrato (S/I)	Cortados (S/I)	L%	1º	2º	3º	4º	5º	6º	Probabilidade
2	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
6	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
14	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
15	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
16	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
20	0	0	0	40	0	0	0	50	0	50
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 44 - Parte do Excel utilizado para obtenção da probabilidade de ilicitude

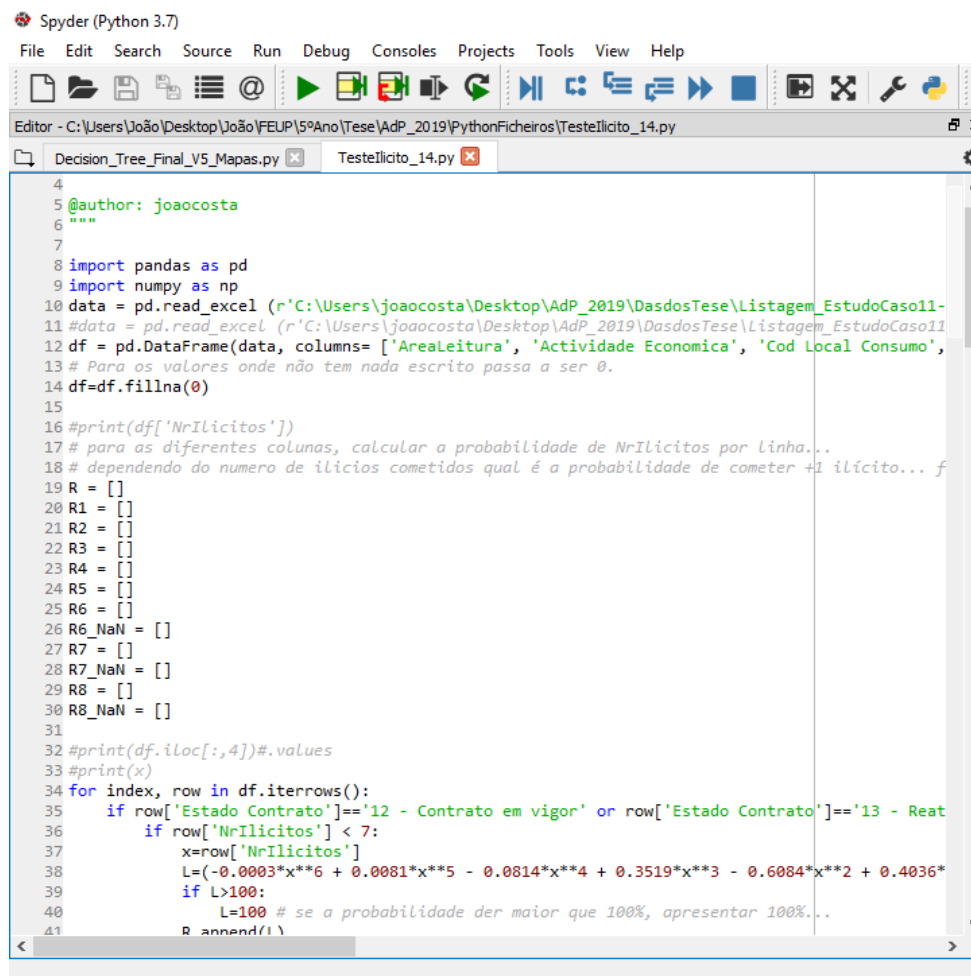
Tal como se verifica pela figura acima, para se obter a probabilidade final na coluna “R” é inicialmente necessário calcular 6 equações e 2 formatações de variáveis, de modo a que se obtenha o percentual final desejado.

Tendo este raciocínio funcionado, utilizou-se futuramente, o mesmo princípio e aplicou-se em Python o mesmo algoritmo para determinação dos ilícitos, isto para o programa nº 1.

5.6 Programa nº 1, sem ML

Após a idealização do programa este “trial run” em Excel, criou-se então o programa em Python. Onde, para cada variável, era na mesma, atribuído um fator de ilicitude entre 0 (zero) e 100 %.

Para este programa, uma vez que existem instalações que não têm agregada nenhuma informação quanto ao estado da habitação, por questões de sistematização, o programa considera como estando: habitada. Do mesmo modo, quando algum valor está ausente da base de dados, nomeadamente nos consumos, é assumido como 0 (zero).



```

4
5 @author: joaocosta
6 """
7
8 import pandas as pd
9 import numpy as np
10 data = pd.read_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese\Listagem_EstudoCaso11-
11 #data = pd.read_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese\Listagem_EstudoCaso11
12 df = pd.DataFrame(data, columns= ['AreaLeitura', 'Actividade Economica', 'Cod Local Consumo',
13 # Para os valores onde não tem nada escrito passa a ser 0.
14 df=df.fillna(0)
15
16 #print(df['NrIllicitos'])
17 # para as diferentes colunas, calcular a probabilidade de NrIllicitos por linha...
18 # dependendo do numero de ilicitos cometidos qual é a probabilidade de cometer +1 ilícito... f
19 R = []
20 R1 = []
21 R2 = []
22 R3 = []
23 R4 = []
24 R5 = []
25 R6 = []
26 R6_NaN = []
27 R7 = []
28 R7_NaN = []
29 R8 = []
30 R8_NaN = []
31
32 #print(df.iloc[:,4]).values
33 #print(x)
34 for index, row in df.iterrows():
35     if row['Estado Contrato']=='12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato']=='13 - Reat
36         if row['NrIllicitos'] < 7:
37             x=row['NrIllicitos']
38             L=(-0.0003*x**6 + 0.0081*x**5 - 0.0814*x**4 + 0.3519*x**3 - 0.6084*x**2 + 0.4036*
39             if L>100:
40                 L=100 # se a probabilidade der maior que 100%, apresentar 100%...
41             R.append(L)

```

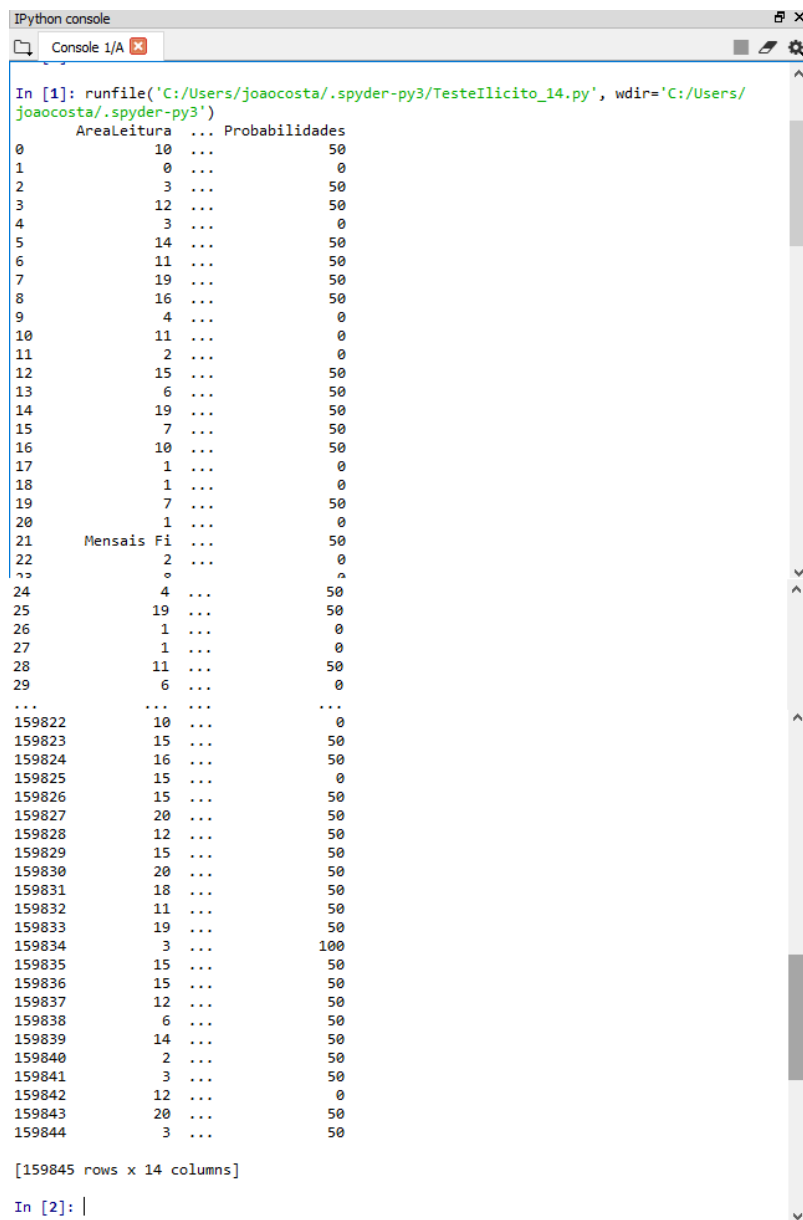
Figura 45 - Print de parte do código do Programa N° 1.

Na figura acima, é então possível visualizar parte do código do programa nº 1, para ver o código na íntegra ver anexo nº 4.

De forma resumida, o programa funciona da seguinte forma. O programa lê o ficheiro em Excel que contem a base de dados com as variáveis definidas anteriormente, associadas a um número de instalação, que através do algoritmo criado, atribui diferentes probabilidades de ilicitude para cada instalação. Seguidamente, o programa gera um novo ficheiro em Excel, por forma a serem visíveis todas as instalações analisadas pelo programa e as respetivas probabilidades de ilicitude que lhe foram atribuídas.

Para escrever o código em Python foi usado o Spyder como consola e o sistema operacional da Microsoft, neste caso, o Windows 10. O Python é assim uma linguagem de programação que precisa de correr numa determinada consola que suporte programação científica e o Spyder, funciona assim como a consola que permite o desenvolvimento deste tipo de código aberto, na linguagem Python.

Existe a necessidade de criar um novo ficheiro em Excel após se correr o programa pois a consola usada, o Spyder, não permite uma boa visualização dos resultados obtidos, tal como se pode verificar pela figura abaixo.



```

In [1]: runfile('C:/Users/joaocosta/.spyder-py3/TesteIllicito_14.py', wdir='C:/Users/
joaocosta/.spyder-py3')
AreaLeitura ... Probabilidades
0          10 ...          50
1           0 ...           0
2           3 ...          50
3          12 ...          50
4           3 ...           0
5          14 ...          50
6          11 ...          50
7          19 ...          50
8          16 ...          50
9           4 ...           0
10         11 ...           0
11           2 ...           0
12          15 ...          50
13           6 ...          50
14          19 ...          50
15           7 ...          50
16          10 ...          50
17           1 ...           0
18           1 ...           0
19           7 ...          50
20           1 ...           0
21         Mensais Fi ...          50
22           2 ...           0
23           0 ...           0
24           4 ...          50
25          19 ...          50
26           1 ...           0
27           1 ...           0
28          11 ...          50
29           6 ...           0
...
159822       10 ...           0
159823       15 ...          50
159824       16 ...          50
159825       15 ...           0
159826       15 ...          50
159827       20 ...          50
159828       12 ...          50
159829       15 ...          50
159830       20 ...          50
159831       18 ...          50
159832       11 ...          50
159833       19 ...          50
159834         3 ...         100
159835       15 ...          50
159836       15 ...          50
159837       12 ...          50
159838         6 ...          50
159839       14 ...          50
159840         2 ...          50
159841         3 ...          50
159842       12 ...           0
159843       20 ...          50
159844         3 ...          50

[159845 rows x 14 columns]

In [2]: |

```

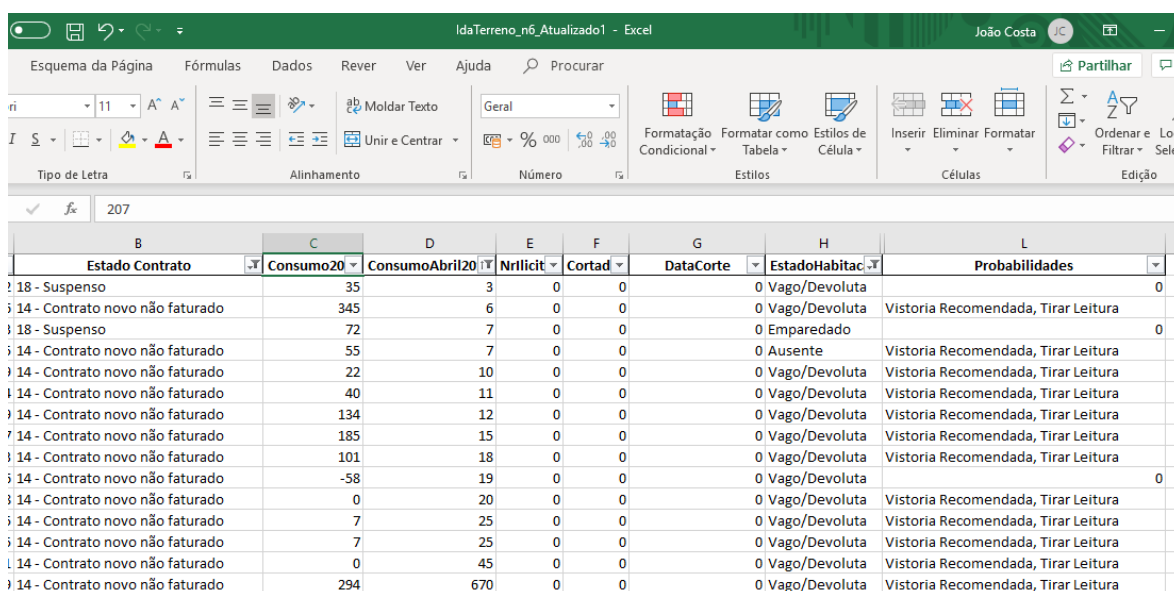
Figura 46 - Resultados visualizados no Spyder

Como tal, acrescentou-se uma linha de código que cria uma folha em Excel, onde são guardados estes resultados, para melhor visualização e posterior vistoria das instalações no terreno.

5.6.1 Primeiro teste do programa em Python

Na figura seguinte, é assim possível visualizar numa folha de Excel, algumas fragilidades na própria base de dados. Nesta imagem salienta-se o facto de em “contratos novos não faturados” o estado da habitação aparecer como “Vago/Devoluto” havendo também consumo no mês em questão. Ainda se pode notar, que nos contratos “suspensos” onde o abastecimento de água deveria estar cortado, isso não se verifica.

De modo a mitigar este tipo de discrepâncias na base de dados e para que se possa retirar dados do terreno mais fidedignos das vistorias, para estas situações, criou-se um parâmetro onde se atribuiu: “Vistoria Recomendada, Tirar Leitura”.



	B	C	D	E	F	G	H	L
	Estado Contrato	Consumo20	ConsumoAbril20	NrIlícit	Cortad	DataCorte	EstadoHabitac	Probabilidades
2	18 - Suspenso	35	3	0	0		0 Vago/Devoluta	0
3	14 - Contrato novo não faturado	345	6	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
4	18 - Suspenso	72	7	0	0		0 Emparedado	0
5	14 - Contrato novo não faturado	55	7	0	0		0 Ausente	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
6	14 - Contrato novo não faturado	22	10	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
7	14 - Contrato novo não faturado	40	11	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
8	14 - Contrato novo não faturado	134	12	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
9	14 - Contrato novo não faturado	185	15	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
10	14 - Contrato novo não faturado	101	18	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
11	14 - Contrato novo não faturado	-58	19	0	0		0 Vago/Devoluta	0
12	14 - Contrato novo não faturado	0	20	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
13	14 - Contrato novo não faturado	7	25	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
14	14 - Contrato novo não faturado	7	25	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
15	14 - Contrato novo não faturado	0	45	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura
16	14 - Contrato novo não faturado	294	670	0	0		0 Vago/Devoluta	Vistoria Recomendada, Tirar Leitura

Figura 47 - Base de dados, Contratos novos não faturados com Estado de habitação Vago/Devoluto

Em situações destas, o esperado é, uma vez que há consumos recentes, o estado da habitação deveria ser “Habitada”. Uma das formas de tornar a base de dados mais robusta é tornar alguns destes mecanismos automáticos, por exemplo ao por o estado do contrato dependente das leituras, é possível que em casos de consumos contínuos zero (0), o estado do contrato fique como suspenso e o estado da habitação como Vago/Devoluto, sendo o oposto também possível; se o contrato estiver suspenso e sem leituras e passar a ter leituras, automaticamente passa a contrato em vigor e Habitada.

Sendo o enfoque do programa a deteção de ilícitos, esta otimização da atualização e concordância da base de dados será deixada para outro projeto.

Na figura seguinte, é ainda possível visualizar diversas instalações com probabilidade de 100% de ilicitude.

	B	C	D	E	F	G	H	L
	Estado Contrato	Consumo20	ConsumoAbril20	NrIllicit	Cortad	DataCorte	EstadoHabitac	Probabilidades
7	12 - Contrato em vigor	112	6	4	0		0 Habitada	100
8	12 - Contrato em vigor	62	7	9	0		0 Habitada	100
5	12 - Contrato em vigor	101	8	5	0		0 Habitada	100
8	12 - Contrato em vigor	28	4	4	0		0 Habitada	100
1	12 - Contrato em vigor	61	11	5	0		0 Habitada	100
9	12 - Contrato em vigor	115	10	5	0		0 Habitada	100
5	12 - Contrato em vigor	32	5	4	0		0 Habitada	100
4	12 - Contrato em vigor	94	9	4	0		0 Habitada	100
7	12 - Contrato em vigor	55	4	4	0		0 Habitada	100
5	12 - Contrato em vigor	32	2	4	0		0 Habitada	100
2	12 - Contrato em vigor	79	11	7	0		0 Habitada	100
8	12 - Contrato em vigor	26	4	4	0		0 Habitada	100
5	12 - Contrato em vigor	23	2	4	0		0 Habitada	100
9	12 - Contrato em vigor	70	10	7	0		0 Habitada	100
6	12 - Contrato em vigor	92	11	5	0		0 Habitada	100

Figura 48 - Contratos em Vigor, Habitados com Historial de Ilícitos, mas não cortados

Por último, apesar de se poder ver na figura acima, é importante mencionar quais os tipos de bibliotecas usadas no programa nº 1. Neste sentido utilizou-se para escrever o algoritmo as seguintes bibliotecas: NumPy e Pandas.

```

5 @author: joaocosta
6 """
7
8 import pandas as pd
9 import numpy as np
10

```

Figura 49 - Import 's programa nº1

A biblioteca NumPy é um pacote para a linguagem Python que suporta arrays e matrizes multidimensionais, possuindo uma larga coleção de funções matemáticas para trabalhar com estas estruturas. Já o Pandas é uma biblioteca de software escrita, também, para a linguagem de programação Python, para manipulação e análise de dados.

5.6.2 Síntese do algoritmo usado no Programa nº 1

A forma atual de deteção de ilícito, quando não existe registo prévio de ilicitude na base de dados acontece quando os leitores ou outras equipas que atuam no terreno verificam que nos nichos dos contadores há selos vermelhos violados, ligações diretas, contadores adulterados ou outro tipo de anomalias que lesam a entidade gestora, sendo este tipo de atividade posteriormente reportada.

O programa permite assim, uma outra forma de detetar estas anomalias (ilícitos), em BackOffice. Tendo ainda por base as leituras mensais (ou de 2 em 2 meses) dos leitores ou no caso da telemetria, leituras automáticas (todos os meses), onde o programa se torna mais eficiente e preciso, na deteção dessas anomalias.

O algoritmo tem assim como base, algumas premissas.

Quando os consumos são altos, $\geq 10\text{m}^3/\text{mês}$, que é o gasto média mensal por habitação, onde se considera uma média de 3 pessoas por habitação, só é considerado haver uma anomalia se houver registo de corte sem reabertura. Caso contrário, o programa foca-se na deteção de ilícitos nos consumos baixos.

Nos consumos baixos, $<10\text{m}^3/\text{mês}$, é atribuído um fator de 50% que é usado no programa como uma probabilidade de ilicitude e depois são introduzidos mais fatores que correspondem a AA cortado e estado do contrato. No final, é obtido um valor que será chamado de percentagem de ilicitude. Este valor, é assim dado a todas as instalações da base de dados.

Outro fator que é usado e que integra as variáveis usadas para obtenção da percentagem de ilicitude é o historial de ilícitos.

Para o historial de ilícitos é usada a seguinte equação polinomial, feita a partir dos dados de ilícitos registados nos últimos 3 anos pela entidade gestora.

$$(-0.0003 * x^6 + 0.0081 * x^5 - 0.0814 * x^4 + 0.3519 * x^3 - 0.6084 * x^2 + 0.4036 * x) * 100$$

Com esta equação, é assim possível obter probabilidades proporcionais à quantidade de infrações feitas por cada cliente. Porém, uma vez que a partir de 7 ilícitos começa a haver bastantes oscilações na equação, a partir deste valor foi considerado que a probabilidade voltarem a cometer um ilícito é de 50%.

Mesmo após se obter as probabilidades de ilicitude, é feita uma meticulosa análise dos resultados obtidos, uma vez que tal como já referido, há algumas inconsistências na própria base de dados. Por exemplo, em instalações que na base de dados aparecem como

“Vagas/devoluto”, mas apresentam consumos superiores a 1 m³, considera-se como valor de referência 1 m³ e não 0 m³, já para se ressaltar erros de arredondamentos por parte do leitor ou na própria leitura por telemetria, ou na transferência de dados. Isto demonstra, mais uma vez, a perentória necessidade de ter uma base de dados atualizada e rigorosamente preenchida, algo fundamental para qualquer análise, em especial em BackOffice.

Como última nota, é de referir que os resultados obtidos através do programa, têm uma data de expiração associada ao tempo de retificação da situação por parte do cliente. Neste sentido há especial ressalva para casos de corte de água por não pagamento de fatura. Nestes casos, tanto podemos estar na presença de um verdadeiro infrator (ilícito) e a menos que a EG intervenha, a infração continua impune; como pode simplesmente ser um cliente que por diversos motivos se esqueceu de pagar a sua fatura a tempo e que passado poucos dias retifica a situação de forma voluntária. Outros fatores que limitam a validade destes resultados é a própria rescisão de contratos de água ou ainda facto da habitação ficar vaga ou devoluta devido ao abandono da mesma pelo antigo proprietário. Deste modo, é importante manter uma base de dados atualizada e aquando da utilização deste tipo de ferramentas é importante ter atenção à data da última atualização feita à mesma.

Salvo estas exceções, se houver corte, a religação do AA é esperada dentro de poucos dias, previsivelmente em menos de 3 dias; pois ninguém que habite uma casa, consegue estar nela sem água.

5.6.3 Ida ao terreno para verificação das listagens

Ao longo do trabalho, foram retiradas diversas listagens. As listagens aqui faladas, são o resultado de correr o programa criado neste caso o Programa nº 1 (para o Programa Nº 2, foi retida uma listagem inicial para observar o tipo de dados obtidos e uma segunda já com alguns ajustes, posteriormente, retirou-se uma terceira listagem, para validação do programa nº 2).

Ao correr o programa, este calcula para cada instalação presente na base de dados dos clientes (cerca de 159 000), a probabilidade de esta ter um ilícito. Posteriormente, e uma vez que não é possível verificar de uma só vez, todas as instalações na cidade do Porto, são então selecionadas algumas instalações, de modo a verificar a exatidão do programa criado.

Na primeira saída ao terreno para verificação de ilícitos, escolheram-se algumas instalações, de toda a cidade, por forma a testar a precisão do algoritmo criado. Sendo que 4 das instalações escolhidas estão em zonas de vistoria arriscada, ficaram apenas 11 instalações. Após a ida ao terreno, das 11 instalações programadas a verificar, 2 não foram vistas (por não

se encontrar a instalação), e 1 não foi possível aceder ao contador nem à adufa (sem acesso), ficando assim 8 instalações com acesso.

Como resultado, das 8 instalações destaca-se que 5 tinham uma probabilidade de 100% de ser ilícito e as outras 3 tinham 50% de probabilidade de ser ilícito. Após a ida ao terreno confirmou-se a ilicitude de 4 das instalações com probabilidade de 100%, sendo que a outra instalação já se encontrava desabitada, porém, uma vez que ainda eram emitidas faturas e por isso consumos, o programa determinou como ilícito.

Uma vez que nesta fase, apenas foram disponibilizados os dados do ano transato, de 2018, é de esperar uma menor exatidão do programa e por isso, situações semelhantes.

Das instalações restantes, as 3 com probabilidades de 50%, confirmou-se não haver ilícito.

Nesta primeira fase, foi possível concluir que percentagem menores que ($<$) que 70% não apresentam ilícitos. Como tal, utilizou-se apenas para deteção de ilícitas percentagens maiores ou iguais ($\geq$) a 70%, como relevantes para vistoria, na procura de ilícitos.

Como nota relativa ao próximo capítulo (Resultados), convém salientar que os dados usados nas primeiras idas ao terreno, até à ida nº 4, inclusive, estavam bastante desatualizados. Apenas a partir da ida ao terreno nº 5, é que foi possível ter acesso a dados mais atualizados. Deste modo, os resultados mais favoráveis e que fazem jus à precisão e eficiência do programa, são a partir desta 5ª ida ao terreno.

Todavia, apesar destes contratempos, com o término deste programa sem *Machine Learning*, conclui-se que é possível destrinçar algumas situações de percentagem elevada de ilicitude. Estas percentagens elevadas, são assim referentes a consumos anómalos; quer estes sejam efetivamente derivados de ilícitos ou não.

Independentemente da eficácia deste primeiro programa, foi cumprido um pré-requisito essencial e indispensável na criação do Programa Nº 2, sendo este a obtenção de dados rotulados, isto é, dados em que eu sei, através das seis variáveis estipuladas, se a instalação tem um ilícito ou não.

5.7 Programa nº 2, com ML

Para este segundo programa, usou-se uma biblioteca de *Machine Learning* chamado “sklearn” que através dos dados rotulados, provenientes das idas ao terreno do programa nº 1, foi possível obter resultados mais precisos quanto à probabilidade de ilícitos, no Porto.

O programa criado em *Machine Learning*, através da utilização de um algoritmo de *Decision Tree*, treina e testa um modelo com base nas instalações rotuladas, onde já se sabia se havia

ilícito ou não e posteriormente aplicou-se o modelo a novas instalações, isto é, há totalidade dos contratos na base de dados, atualizada, e obteve-se as previsões de novos ilícitos. Neste novo programa, ao invés de haver um valor percentual de ilicitude o programa dá logo o rótulo de Sim ou Não, respetivamente, se a instalação tiver um ilícito ou não.

Para este programa, além das bibliotecas referidas no programa anterior utilizou-se a já mencionadas, biblioteca: sklearn. Esta biblioteca, também referida como scikit-learn é uma biblioteca de aprendizado de máquina de código aberto para a linguagem de programação *Python*.

```

5 @author: joaocosta
6 """
7
8 # =====
9 # Detecção de Ilícitos no AA com Algoritmo de Árvore
10 # =====
11 # Com Contratos Rescindidos...
12
13 # Load libraries
14 import pandas as pd
15 from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier # Import
16 from sklearn.model_selection import train_test_split
17 from sklearn import metrics #Import scikit-learn met

```

Figura 50 - Import, PG (nº 2) ML

Com esta biblioteca e importando partes específicas da mesma, foi assim possível treinar e testar um modelo de ML com *Decision Tree*, capaz de identificar novas instalações com ilícitos.

Como último passo na criação do programa nº 2, foi ainda guardado o modelo em *Decision Tree*, já treinado anteriormente. Para isso, foi necessário utilizar outra biblioteca: Joblib.

```

5 @author: joaocosta
6 """
7
8 import pandas as pd
9 import joblib

```

Figura 51 - Import, Criação do Modelo Guardado

Com o modelo guardado num algoritmo de *Decision Tree*, é então possível utilizá-lo futuramente, sendo apenas necessário, importar a nova base de dados de onde se quer

identificar novos ilícitos, em Excel, sem ser preciso constantemente importar os dados rotulados. Deste modo, o programa corre de forma mais rápida; o que torna esta deteção de novas ilícitos um processo, ainda mais célere. O código completo, está disponível no anexo nº 5.

6 Resultados

6.1 Critérios da Análise de Resultados

Para o programa 1, sem *Machine Learning*, determinou-se que só a partir de uma percentagem ($\geq$) maior ou igual a 70 % é que se considera que há hipótese de a instalação ter um ilícito. Em contrapartida se a probabilidade do programa for menor que 70%, não se considera que há ilícito. Foi apenas possível chegar a este valor após serem verificadas várias instalações com várias probabilidades de ilícitos, de tal modo que o método usado foi empírico.

Com isto, temos por base que apenas se devem considerar para procura direcionada de ilícitos, as instalações com percentagem igual ou superior a 70 %. Outro fator que se tomou em conta aquando da escolha deste valor, foi a distribuição discreta em que os resultados da previsão de ilicitude estão distribuídos. Em casos onde a probabilidade é maior ou igual que ($\geq$) 50%, mas menor que ($<$) 70%, verificou-se que o motivo principal (de haver probabilidade de ilicitude) é derivado de consumos baixos de água, em habitações com apenas uma ou duas pessoas a residir. Algo já esperado, devido à forma como são determinados os consumos baixos, já explicado anteriormente.

Posto isto, quando se vai ao terreno para verificar as condições dos nichos de contadores nas instalações há sempre a possibilidade de não se conseguir aceder a este, por não se ter acesso à habitação (ou respetivo nicho do contador), nomeadamente, quando o contador é dentro de casa e não está ninguém que nos dê acesso ao mesmo. Como tal, estas instalações são descartadas da análise de resultados, pois nada se pode concluir relativamente à precisão do programa.

Os resultados das idas ao terreno referem-se, exclusivamente, ao programa número 1 sem *Machine Learning*. Posteriormente, usou-se estes resultados para a programação do programa número 2, com *Machine Learning*. Após a criação do programa nº 2, as idas ao terreno subsequentes foram todas aglomeradas por forma a que se apresentem apenas num subtítulo, na parte da Validação.

Tal como referido, uma vez que o caso mais comumente encontrado foram as aberturas abusivas, por cada ida ao terreno apenas se incluirá uma ou duas imagens demonstrativas do mesmo, referentes ao estado no nicho antes e depois da vistoria, bem como algumas situações particulares encontradas durante as vistorias.

6.1.1 Resultados da Ida ao terreno nº 1

Na primeira saída, os resultados obtidos serviram mais para validar a veracidade dos critérios que serão usados para análise dos resultados e para validação do próprio programa. Certificando-nos assim, que foram escolhidas as variáveis corretas para o problema em questão.

De referir, que o contrato de todas as instalações desta listagem se encontrava em vigor.

Aquando da ida ao terreno, não se teve acesso a três das instalações, no entanto, verificou-se que uma destas se encontrava desabitada. Para as instalações onde não se teve acesso, nada se pode concluir quanto à precisão do programa, já para a casa desabitada, conclui-se que a base de dados deve ser atualizada, por forma, a saber-se de antemão, o estado de habitação da mesma, conseguindo-se assim melhores resultados.

Nas restantes instalações, o resultado obtido foi positivo, significando assim que para os casos de probabilidade igual ou superior a 70% se confirmou o ilícito e para os casos com probabilidade inferior não se encontrou ilicitude. Dentro dos ilícitos confirmadas, todas as probabilidades davam 100% de ilicitude, já as outras probabilidades eram de 50% e como esperado, não se encontrou nenhum ilícito.

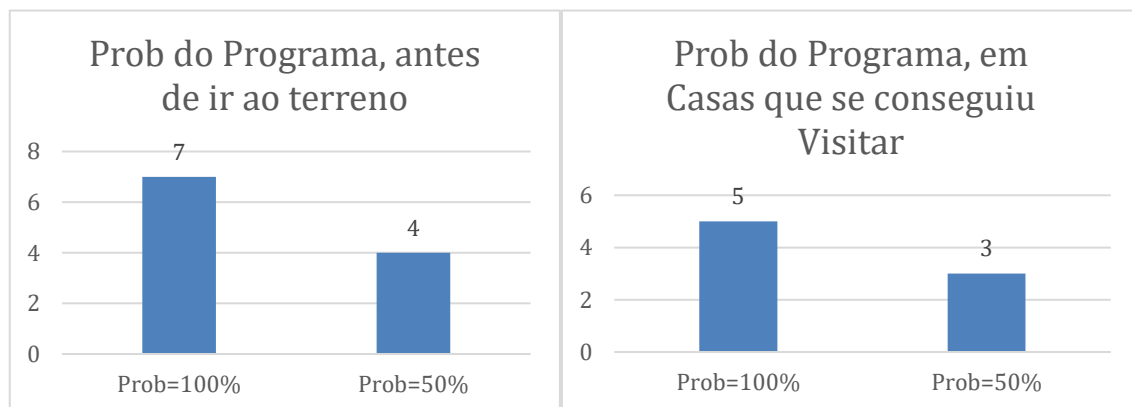


Gráfico 1 - Distribuição das instalações de acordo com as Percentagens do Programa, antes e depois de ir ao terreno, tendo em conta o acesso

Como se verifica pelos gráficos, 3 (três) das instalações ficaram inacessíveis. Já das restantes, confirmou-se que não há ilicitudes nas instalações com probabilidades de 50% e das casas com probabilidade de 100%, verificou-se a ilicitude de 4 em 5. Sendo que uma na instalação onde não se verificou o ilícito estava desabitada, mas já tinha havido ilícitos na mesma, pelo que a presa já se encontrava fechada e com placa antes do contador. Neste sentido, o erro deriva da atualização da base de dados.



Figura 52 - Selo de corte violado

Nesta figura, é possível ver, à esquerda, o selo de corte na adufa violado e à direita, a reposição da legalidade com a colocação de um novo selo de corte e a rotação da adufa para a sua posição de selada.

6.1.2 Resultados Ida ao terreno nº 2, zona A

Nesta segunda ida ao terreno foi possível escolher instalações apenas de uma zona geográfica, o que permitiu um maior número de visitas.

De referir que o contrato de todas as instalações está em vigor e que foram vistas 36 instalações. Destas 36 instalações, apenas uma se encontrava desabitada, já com corte e fechada na presa.

Nesta área geográfica quase todas as habitações, com a exceção de duas, tinham probabilidades de 50%, pelo que já se esperava de antemão que não fossem detetados ilícitos nas mesmas. As outras duas instalações tinham probabilidades de 66.8%, sendo menor que 70% ainda não é esperado ilícito e 100% onde, à priori, é esperado ilícito.

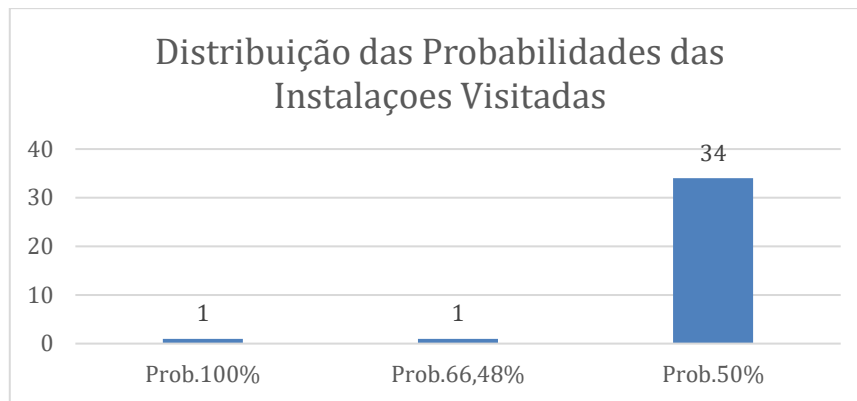


Gráfico 2 - Distribuição das Instalações da Zona B, com probabilidade superior a 70%

Como tal, após a ida ao terreno, confirmaram-se as suspeitas para as probabilidades inferiores a 70%, não havendo nenhum ilícito nessas instalações. Já para probabilidades superiores a (>) 70%, é esperado ilícito.

Uma vez que havia apenas uma única instalação com probabilidade de 100% e esta se encontrava desabitada, mais uma vez, sugere-se uma atualização regular da base de dados. De referir, que a atual base de dados não possui informação relativa a se a casa/instalação esta habitada ou não. Como tal nestes casos onde o AA está cortada e não houve religação, deve-se fazer uma vistoria consequente, com efeito de confirmar se foi cometida alguma ilicitude ou não. Algo que já se faz na EG, porém, deve-se fazer de forma mais cuidada em instalações onde há historial de ilícitos e fazer o devido registo, se a casa esta habitada ou não. Apesar de nem sempre ser possível verificar-se a casa está habitada numa primeira visita, quando sai a segunda e terceira revisão de corte, caso se continue a verificar que o AA está cortado e não houve tentativas de adulteração de contadores ou outros tipos de ilicitude, deve-se anotar que a casa está vaga/devoluta. O estado da habitação já é um parâmetro da base de dados, como tal é uma questão de ser atualizado com maior rigor.

Desta forma, é possível obter dados mais precisos na utilização do programa.



Figura 53 - Selo de corte removido

Na situação descrita na figura acima, não foi encontrado nenhum selo no local, porém, havia o registo de que o AA devia estar cortado para esta instalação. Como tal, após se verificar, retirando a cápsula protetora da adufa que, de facto, a adufa tinha sido mexida. Desta forma, voltou-se a repor a legalidade, colocando mais uma vez a adufa em posição de corte e selando a mesma. Outra questão a apontar, é o facto de que nesta instalação apenas se encontra acessível a adufa e não o contador.

6.1.3 Resultados Ida ao terreno nº 3, zona B

Nesta zona, foram apenas escolhidas probabilidades iguais ou superiores a 70%, pois já foi estabelecido que são estas probabilidades que abrigam instalações ilícitas. Além disso, foram ainda selecionadas a par dos contratos em vigor, os contratos novos não faturados, reativado de inspeção, suspensos, e contratos novos pendentes de O/S. Desta forma, será possível ver qual o tipo de influência que todos os estados de contrato têm no programa.

Antes da visita às instalações no terreno, é esperado que nos contratos novos não faturados não se encontrem ilícitos, pois são contratos onde ainda não se emitiu a primeira fatura e por isso a alta percentagem de ilicitude advém de uma ausência de leituras ou de consumos iniciais baixos. Uma vez que não há leitura, o programa assume como zero (0) e emite uma elevada taxa de ilicitude. Deste modo, o programa foi subsequentemente melhorado para que em caso de contratos novos não faturados seja emitido um alerta de “Vistoria Recomendada” e não a atribuição de uma percentagem de ilicitude. Desta forma, é possível fazer o despiste destas instalações na procura de ilícitos e focarmo-nos apenas nas instalações com verdadeira probabilidade de terem um ilícito.

Os contratos reativados de inspeção, são contratos onde houve corte e foi efetuada a religação. Como tal, se houve um corte posterior é sempre aconselhável uma vistoria subsequente por forma a garantir e a assegurar a continuidade da legalidade.

Os contratos suspensos são normalmente registados pela entidade gestora, por as leituras serem sempre iguais, indício de que a habitação está desabitada. Como tal, depois desta vistoria, espera-se que estas instalações não possuam ilícitos. Se isto se verificar será acrescentado um novo parâmetro de código no programa que para o estado de contrato suspenso, apenas atribua uma percentagem de ilicitude caso o contador tenha registado um consumo $>1 \text{ m}^3$, não se faz superior a zero pois já estamos a contar com possíveis erros de medição do contador.

Outro fator a ter em conta, será o estado da habitação, que caso esteja desabitada será adicionado um novo fator à percentagem de ilicitude.

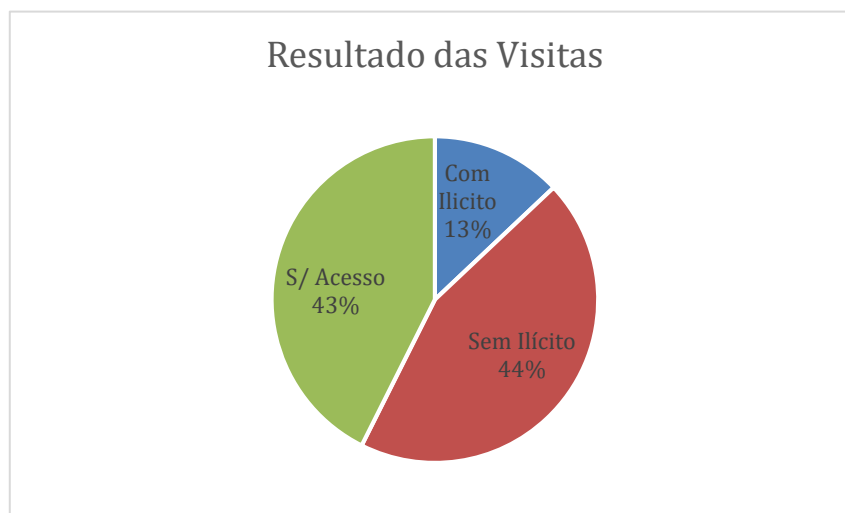


Gráfico 3 - Ida ao terreno nº3, Resultados das Visitas

Após estas visitas, verificou-se que não foi possível aceder a 43% das instalações, isto é, não foi possível ter acesso ao nicho de contador, uma vez que este se encontra dentro das casas.

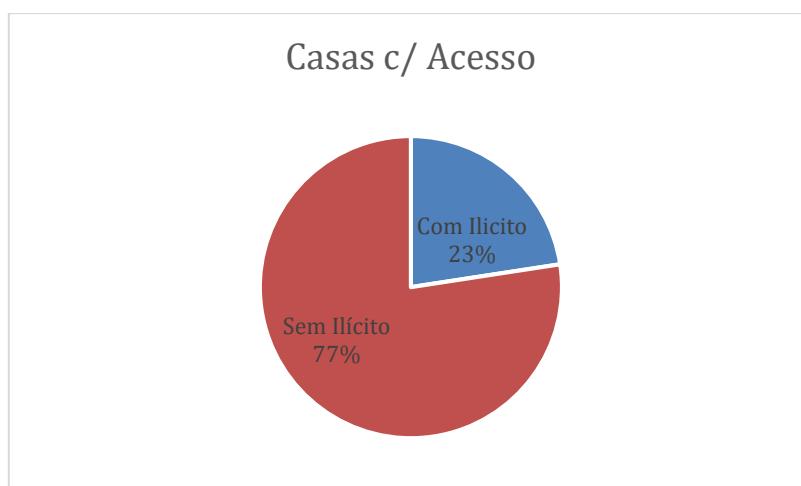


Gráfico 4 - Ida ao Terreno nº3, ilícitos confirmados nas Casas c/ Acesso

Desta forma conclui-se que nesta zona, 23% das instalações apontadas pelo programa com percentagem superior a 77%, possuem ilícitos confirmados no terreno.

Podemos ainda extrair dos resultados, que nenhuma das casas registadas na base de dados como: vaga/devoluta, ausente e emparedado possuíam ilicitude. Deste modo, numa próxima fase ir-se-á retirar a percentagem de ilicitude e atribuir a já mencionada, “Vistoria Recomendada”, por forma a garantir uma periódica atualização da base de dados e, mais uma vez, aumentar a precisão do programa.

Outra conclusão, é que das instalações passíveis de acesso com estados de contrato: novo não faturado e suspenso; não se encontrou nenhum ilícito. Desta forma o programa será alterado de modo a que estados de contrato com estas características não seja atribuída uma percentagem de ilicitude, mas seja, também, atribuída uma anotação de: “Vistoria Recomendada”. Entrando este tipo de instalações na mesma categoria das instalações vagas e devolutas.



Figura 54 - Selo na adufa, duplamente violado e posterior reposição da legalidade

Na figura acima, é possível ver que a adufa foi selada com dois selos. Nesta instalação, já havia historial de ilícitos e como tal, tentou-se dissuadir o cliente de nova abertura abusiva com dois selos. Como se verificou, isso foi em vão, pelo que se regularizou a situação apenas com um novo selo de corte.

6.1.4 Resultados Ida ao terreno nº4, zona C

Até este ponto, inclusive, o maior entrave do programa é a atualização da base de dados, ou neste caso a não atualização.

Apenas com os consumos e estados de corte do ano transato (de 2018), obtém-se uma grande quantidade de falsos positivo e por isso, uma falsa probabilidade de ilicitude para as instalações. Pois as informações da base de dados, inseridas no programa, já não correspondem há realidade da situação no terreno.

Em muitos dos casos, a dívida já foi paga, o contrato já foi rescindido, houve planos de pagamento (acordos entre o cliente e a EG) ou outras situações similares, que levaram à não confirmação do ilícito, aquando da ida ao terreno.

Neste sentido, atesta-se mais uma vez que a periódica atualização da base de dados, tem que ser feita da mesma forma que é atualmente atualizada, a dívida dos clientes (atualizada

diariamente). Deste modo, atualizar as variáveis definidas, não pode ser uma opção, mas sim uma condição, na utilização do programa, obtendo-se assim resultados precisos.

Como tal, da listagem emitida apenas se confirmaram 2 ilícitos, porém, em termos de percentagem de instalações com acesso este número não é tão desmotivador. Desta forma, obtiveram-se os seguintes gráficos.



Gráfico 5 - Resultados Vistorias, ida ao terreno nº4

Mais uma vez, e pela análise do gráfico é bastante perceptível a dificuldade de aceder aos nichos de contador, uma vez que estes se encontram dentro de casa, torna-se impossível aceder ao mesmo, quer por ausência dos moradores quer pelo seu impedimento de acesso às equipas de cortes da EG.

Deste modo, é fundamental que as autarquias e municípios sejam extremamente rigorosas aquando da renovação de prédios e casas antigas e exijam a instalação do contador de água fora ou nos limites da propriedade privada, por forma a que este esteja sempre acessível às equipas da entidade gestora de águas.

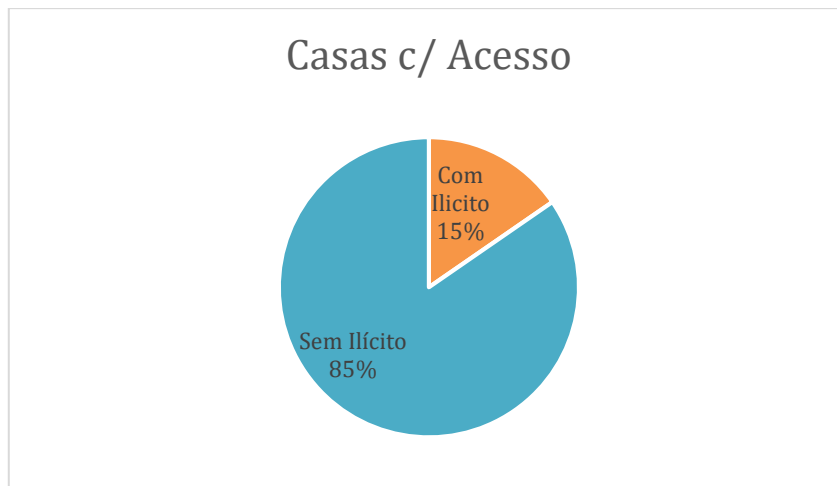


Gráfico 6 - Casas com Acesso, ida ao terreno nº4

Se tivermos em conta apenas as casas com acesso, temos uma maior percentagem de ilícitos confirmados, de 15%, porém, devido às razões já mencionadas, ainda temos uma elevada percentagem de não ilícitos para percentagens de ilicitude do programa a maiores ou iguais a 70 %.



Figura 55 - Abertura abusiva e selo enferrujado

Nesta situação, além de ser visível que a adufa está aberta, é possível ver o selo de corte enferrujado, indicador de que a adufa está com uma fuga, muito provavelmente, resultante das diversas aberturas abusivas efetuadas pelo cliente. Nesta situação aconselha-se posterior substituição da adufa, não só pela fuga de água, mas também por forma a dificultar a abertura por parte do cliente.

6.1.5 Resultados da Ida ao Terreno nº 5

Nesta ida ao terreno já se contou com dados mais atualizados (atualização feita a 24/5/2019 e ida ao terreno a 29/5/2019, 5 dias de intervalo). Como tal, já se espera melhores resultados e mais favoráveis à tarefa em mãos.

Na listagem que se tirou, foram selecionados apenas contratos em vigor, com corte no AA desde 2017 até março de 2019 e todas as instalações tinham no estado da habitação “Habitada” ou não possuíam etiqueta, pelo que por defeito são consideradas como habitadas. Nesta listagem, existem instalações com historial de reincidência em ilícios até 9.



Gráfico 7 - Resultados das visitas, visita nº 5

Como se pode constatar pelo gráfico acima, a percentagem de casas sem acesso continua a ser um grande impedimento ao combate das perdas aparentes e por isso, mais uma vez se refere a importância de haver estratégias de fiscalização por parte das entidade, municipais ou regionais, aquando da construção ou remodelação de habitações, por forma a colocar os contadores e adufas fora das instalações e com acesso fácil por parte para as equipas da entidade gestora de água.

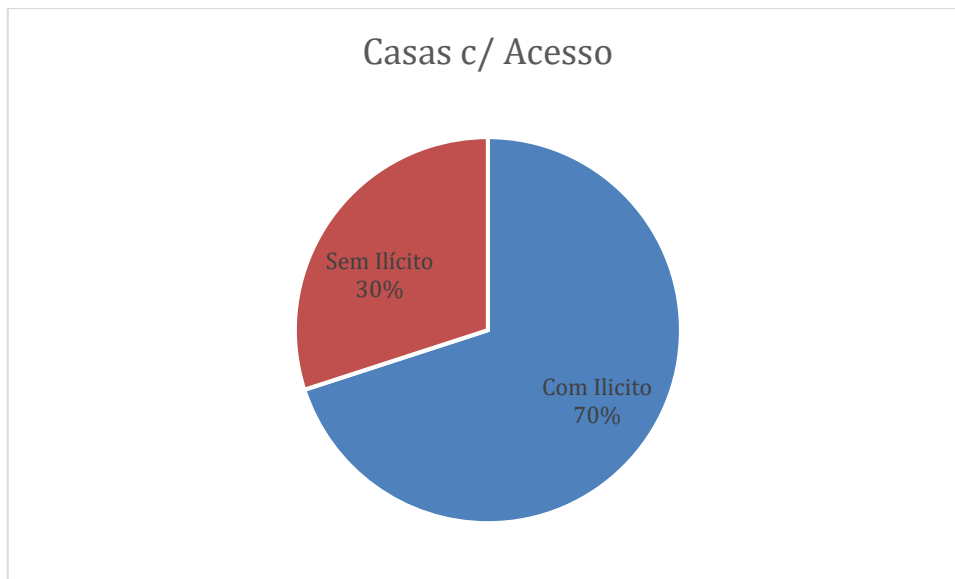


Gráfico 8 - Instalações com acesso, visita nº 5

Como se pode ver pelo gráfico acima, a percentagem de instalações confirmadas como ilícito teve uma grande subida relativamente às anteriores idas ao terreno. Houve um aumento de quase 5 vezes na confirmação de ilícitos, relativamente à última ida ao terreno, referente ao gráfico 6, pois a base de dados foi atualizada e passados 5 dias fizeram-se as vistorias às instalações referidas.

Outro fator a notar, é que todas as instalações em que não foi encontrado ilícito, não foram emitidas religações. Isto significa que, naquela instalação a água tinha sido efetivamente cortada e quando o cliente veio pedir a religação, por algum motivo não foi emitida nem faturada a religação. O que implica perdas monetárias para a EG, de 35€ mais IVA, por religação.

Neste sentido, não se considera um erro do programa, mas sim um erro da base de dados, proveniente do registo das religações, algo que recai na variável predefinida, do estado de corte.



Figura 56 - Colocação do selo de corte

Inicialmente, esta instalação, encontrava-se com o selo de reabertura por inspeção, isto significa, que por qualquer motivo, o AA foi cortado e posteriormente religado, com colocação do selo azul, à esquerda (este selo ainda é dos antigos, os novos, são semelhantes aos de corte, mas ao invés de serem cor de rosa são, também, azuis). Estando o cliente a dever já várias faturas, a adufa foi assim selada e a legalidade reposta.

6.1.6 Resultados da Ida ao terreno nº 6, continuação 1

No seguimento da listagem tirada com instalações cortadas, foi então agendada nova ida ao terreno de modo a continuar a mesma.

Neste seguimento, fizeram-se mais uma vez os gráficos relativos aos resultados da vistoria feita às instalações, tiradas da listagem obtida pelo programa.

Como tal, seguem-se os gráficos:



Gráfico 9 - Resultados das Visitas nº 6

Nesta ida ao terreno podemos verificar que houve uma diminuição das casas sem acesso, porém, esta não é uma diminuição real uma vez que dentre estas casas s/ acesso se incluem muitas casas desabitadas ou vaga/devoluta, verificação feita após a ida ao terreno.

Todavia, neste gráfico esse tipo de instalações não foi designado como s/ acesso uma vez que foi possível verificar a condição do contador e o estado da habitação.

Sendo assim estas instalações foram designadas como s/ ilícito, desta forma, a percentagem de instalações s/ ilício não reflete uma imprecisão no programa, mas sim uma não atualização da base de dados. A lógica de raciocínio foi, uma vez que a casa está desabitada, não é possível ter um ilícito. Caso contrário, o percentual de confirmação de ilícitos descobertos seria maior, o de casas sem ilícitos seria nulo e as casas s/ acesso aumentariam.

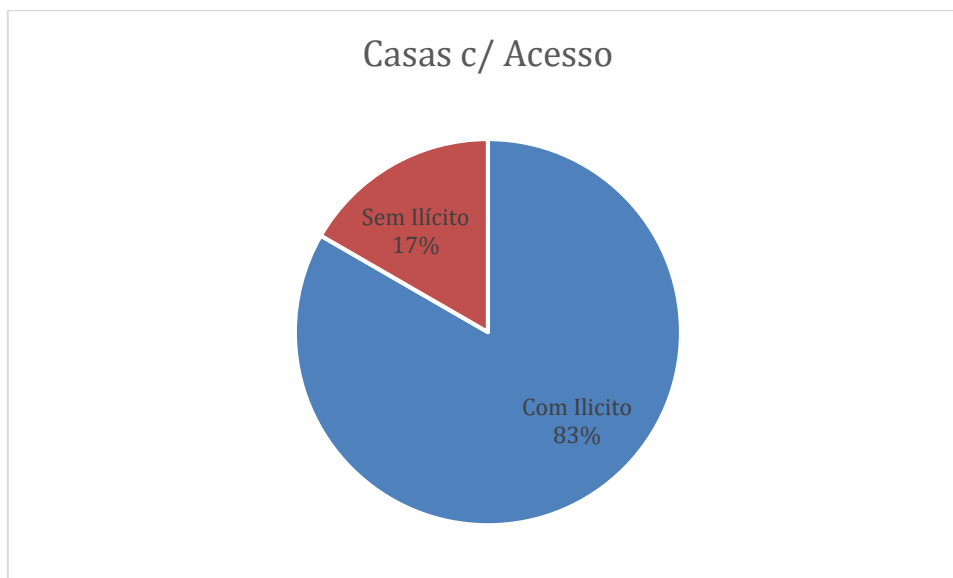


Gráfico 10 - Casas com Acesso, nº 6

Neste gráfico, mais uma vez, ressalva-se que todas as casas s/ ilícito estão desabitadas. A razão pela qual estas aparecem na listagem de cortadas é por apresentarem leituras superiores a 5 m³ de água no mês de abril, ou seja, no mês anterior à ida ao terreno. Salvo raras exceções podemos dizer que deve ter ocorrido um erro na leitura ou têm sido lançadas, de forma errada, faturas por estimativa consequentes consumos fictícios na variável de Consumo do Último Mês. Deste modo, podemos atestar a verdadeira eficácia e precisão do programa e, mais uma vez, salientar a importância de uma base de dados atualizada.



Figura 57 - Adufa fantasma

Nesta instalação, nota-se pela atual disposição dos ramais de abastecimento, que houve remodelações nos mesmos. No caso em concreto, após a remodelação dos ramais a adufa referente à instalação em causa, foi deixada (no mesmo sítio) depois da entrada do ramal de água, para o contador do cliente. Como tal, apesar de o selo não estar violado, o cliente continua a ser abastecido, de água, pois a adufa foi colocada no sítio errado, este caso foi relatado e procedeu-se ao agendamento da retificação da situação. Uma vez que este tipo de retificações são demoradas e envolvem o corte de água na tomada que abastece o prédio e eventuais desligamentos de válvulas de bombagem ou fechos de reservatórios, não se pode proceder à retificação imediata da situação.

6.1.7 Resultados Ida ao terreno nº7, continuação 2

Ainda a continuar a listagem usada nas idas ao terreno nº 5 e 6, obtiveram-se os seguintes resultados.



Gráfico 11 - Resultados das vistorias, nº 7

Neste gráfico pode-se ver que não há instalações vistoriadas s/ilícitos, pois ao contrário de que foi feito na ida ao terreno anterior, aglomerou as instalações desabitadas e vagas/devolutas, nas instalações s/ acesso. Isto, porque o facto de as casas estarem desabitadas e esse registo não aparecer na base de dados é um problema de atualização da mesma e não tem peso real na precisão do programa. Uma vez que esta é uma questão de atualização da base de dados, procedendo a este método de esquematização conseguimos ter uma melhor veracidade dos resultados obtidos.

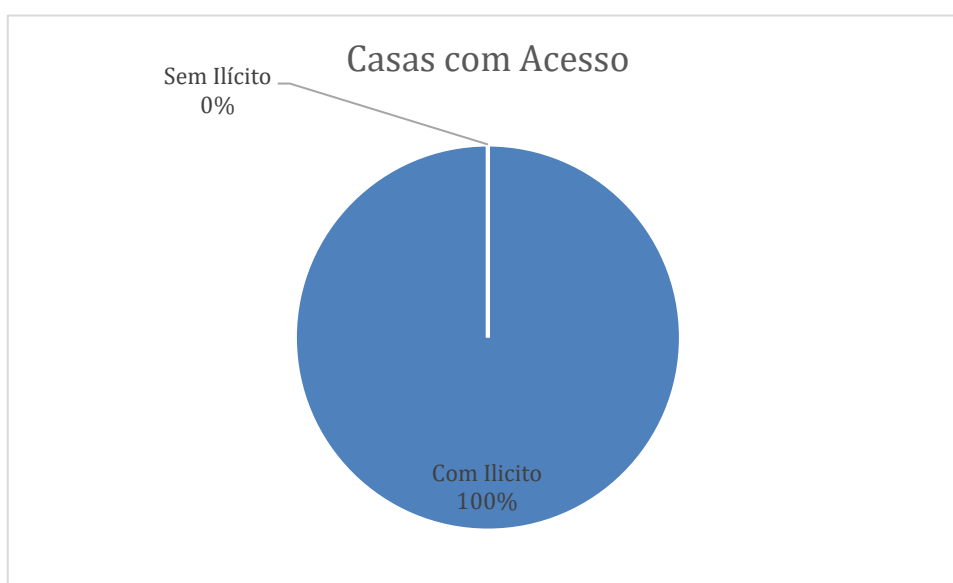


Gráfico 12 - Casas com aceso, nº 7

Nesta ida ao terreno foi possível confirmar que em todas as casas com acesso e habitadas houve confirmação de ilícito.



Figura 58 - Adufa embutida

Na situação alusiva à figura acima, tendo-se procedido ao corte do AA e posterior colocação de novo selo, refere-se o facto de que as condições da adufa, impossibilitam a correta selagem da adufa, como tal, esta e situações semelhantes devem ser corrigidas. Tal como na situação da figura 59, onde é necessário estudar a melhor forma de as retificar.

6.1.8 Resultados Ida ao terreno nº8, instalações Cortadas (continuação 2)

Findando a listagem que foi tirada e começada na ida ao terreno nº 5, confirmaram-se 6 ilícitos de um total de 15 instalações.

Como se verifica mais uma vez, há uma grande percentagem de instalações sem acesso, onde não foi possível confirmar a ilicitude. Houve também uma instalação onde não houve acesso e os moradores, vizinhos, afirmaram que a instalação em causa estava “vaga/devoluta”.



Gráfico 13 - Resultados das vistorias, nº 8

De entre as instalações habitadas, foi possível verificar uma casa que não tinha ilícito. Neste caso o contador estava selado na adufa e com leitura de 610 m³, posteriormente confirmou-se no UBS que a última leitura de Canalizador data de 30-MAI-2018 é de 609 m³, neste caso a diferença deve-se, sem dúvida, a arredondamentos. No histórico de faturação é ainda possível verificar que foram faturadas, diversas leituras, por estimativa, sendo que já há leituras assim, desde 11-JUL-2016.

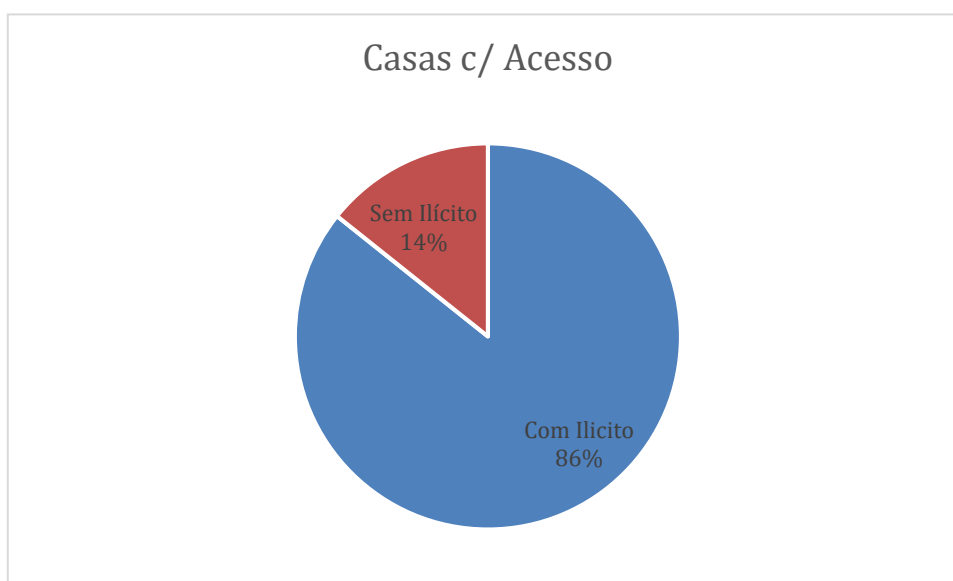


Gráfico 14 - Casas com aceso, nº 8

Pelo motivo já exposto, ressalva-se mais uma vez a importância de uma base de dados atualizada e com dados aferidos, de modo a que se obtenham resultados precisos aquando da utilização do programa.

Todavia, ainda foi possível obter uma taxa de sucesso na confirmação de ilícitos de 86%, algo bastante positivo.



Figura 59 - Adufa sem selagem viável

Nesta instalação, mais uma vez, a simples selagem não é praticável. O cliente, já é reincidente em ilícitos, deste modo, a opção viável passa pelo corte na presa, ao prédio, por forma a que se possa por um taco nesta parte do ramal, sendo posteriormente possível religar o AA na presa para fornecimentos de água aos restantes clientes do prédio.

6.1.9 Resultados Ida ao terreno nº9, nova listagem

Nesta última ida ao terreno, selecionaram-se apenas instalações, onde na variável de estado de corte, o corte tivesse sido efetuado entre janeiro de 2018 e 2019, uma vez que este registo é mais detalhado. Foram também selecionadas algumas instalações que não estão dadas como cortadas, porém, pelas restantes variáveis definidas, o programa, atribuiu uma alta probabilidade de ilicitude, como tal estas serão vistoriadas, de modo a entender a situação real.

Esta probabilidade de ilicitude, pode-se dever tanto a ilícitos reais como bypass ou picagem que não serão possíveis de detetar, no caso de estarem “bem feitas”, pois não se possui os equipamentos necessários para isso, como equipamentos de GPR ou videoscopia, onde independente de qual dos equipamentos se usasse a vistoria em si seria mais morosa, em especial se fosse utilizado o equipamento de videoscopia. Outros motivos, podem ainda ser simplesmente, devido a consumos baixos na habitação, ou ainda por antigo historial em ilícitos.

De referir ainda, que na lista existem, também, 2 cortes cuja data não foi registada, muito provavelmente, são posteriores a 2018, mas mesmo assim serão considerados nesta avaliação.

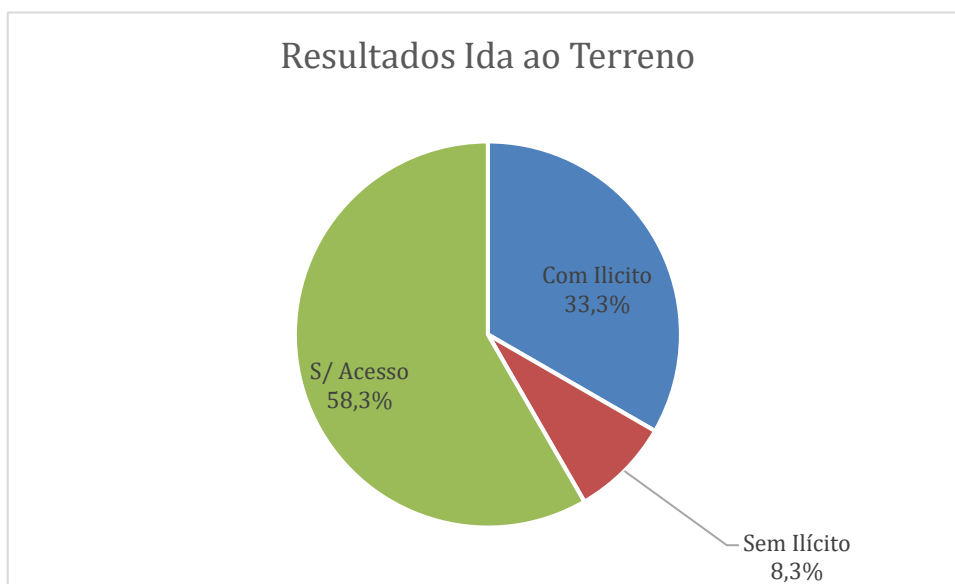


Gráfico 15 - Resultados Ida ao Terreno, nº 9

No gráfico 15, volta-se a ressaltar a elevada percentagem de instalações s/ acesso que excede sempre o total de instalações com acesso, tanto as confirmadas como ilícito como as sem.

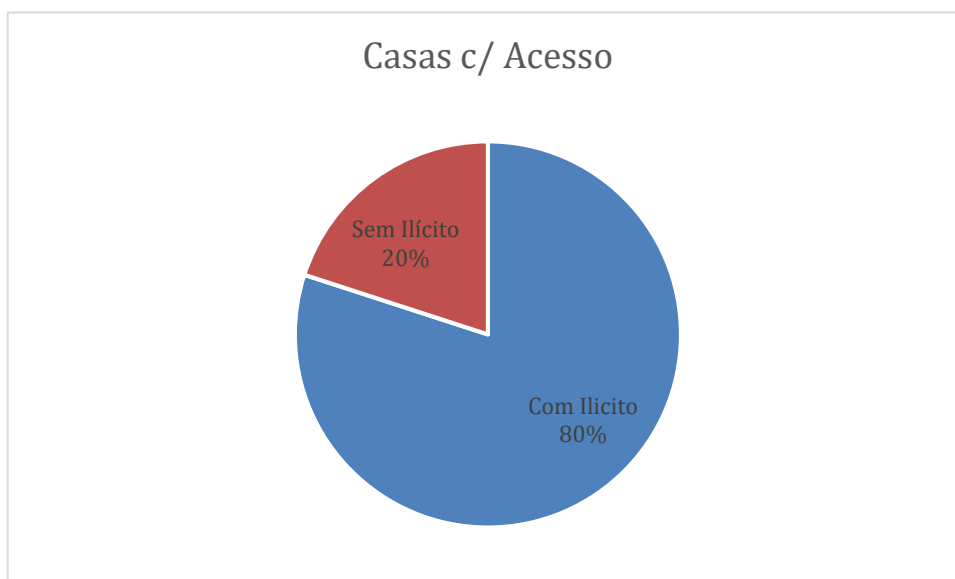


Gráfico 16 - Casas com acesso, nº 9

Através deste último gráfico, é possível notar que a percentagem de 20% de instalações apresentadas no gráfico, como não tendo ilícito, não correspondem a falhas no programa, mas sim, a situações onde nem se chegou a ir ao terreno fazer a vistoria pois foi feito acordo de pagamento da dívida, posterior à tiragem da listagem. Estas situações ocorrem quando houve um ilícito, após o corte por dívida contraída pelo cliente, mas, entretanto, o cliente regulariza a situação com a entidade gestora. Fazendo assim um acordo de pagamento, para que possa saldar a dívida em pequenas prestações e continuar com o AA. Como tal, o AA não está cortado, logo, não há ilícito. O acordo foi posterior à tiragem da listagem, uma vez que inicialmente o AA aparecia na base de dados como cortado, algo que também pode ser explicado pela frequência de atualização da base de dados.

Desta forma, podemos dizer que os 80% de sucesso na confirmação de ilícitos, correspondem na realidade a 100% de sucesso.



Figura 60 - Selo de corte dentro de contador

Como escolha para última figura, das numerosas situações encontradas no terreno aquando das vistorias, escolheu-se o caso de um cliente, já com historial de ilícitos. Nesta situação em particular, o cliente além de ter cortado o selo de corte e retirado a placa colocada antes do contador, na última visita à instalação do cliente, detetou-se uma situação peculiar.

Uma vez que o cliente já tinha um elevado historial de ilícitos, foi fechada a água na presa e retirou-se o contador, colocando-se um taco no ramal. Já depois de se ter reaberto a água na tomada, para abastecer os demais moradores, detetou-se que dentro do contador estava lá o selo de corte da visita anterior.

Posteriormente a esta atuação, o cliente ainda no mesmo dia, retificou a situação junto da EG. Isto demonstra que, nos casos onde a repetição do ilícito já caiu na rotina do cliente, é necessário tomar medidas mais drásticas e eficazes, que não a simples colocação do selo de corte na adufa.

6.2 Análise global dos resultados obtidos com o Programa 1, sem ML

Utilizando a base de dados apenas para detetar ilícitos, detetou-se que na sua maioria estes provêm de aberturas abusivas, isto é, instalações que estão registadas na base de dados como fechadas, mas apresentam consumo. Foi assim possível, obter os seguintes valores.

- Número de Contratos Total: 159 846
- Número Ilícitos Previstos sem ML: 1212
- Consumo Mensal Estimado: 20 [m³/mês]
- Água Perdida com Ilícitos: 24 240 [m³/mês]
- Percentagem de Infratores: 1 [%]
- Prejuízo: 48 480 [€/mês]
- Custo de Resolução: 1 212 [€/mês]
- Poupança: 47 268 [€/mês]

O consumo mensal estimado, gasto por ilícitos, foi obtido da seguinte forma. Tendo em conta que a maioria dos ilícitos são provenientes de aberturas abusivas, conseguimos observar gastos muito superiores à média mensal, que é de 10 m³/mês, uma vez que estes clientes não pagam faturas sentem-se mais encorajados a ter consumos excessivos de água. Na grande maioria das situações verificadas, estes consumos são superiores aos 15 m³/mês, de tal modo que se estimarmos os consumos ilícitos de contadores adulterados ou ligações diretas, obtemos uma aproximação fidedigna do usado para análise: 20 m³/mês. Importa ainda ressaltar que a percentagem de infratores é feita dividindo o número de ilícitos detetados pelo programa sobre o número total de contratos.

O prejuízo foi calculado tendo em conta o valor de cobrança da água, sendo este de 2 €/m³, já descontando a cobrança do saneamento e resíduos sólidos.

Para o cálculo do custo de resolução, foi tido em consideração, o custo envio de uma equipa ao terreno, com o valor de 25 € e uma vez que o número médio de visitas a instalações por equipa num turno é de 25, obtemos assim o valor suprarreferido.

Por fim, a poupança é o valor que se pouparia ao resolver estas situações, sendo a subtração do prejuízo com o custo de envio de uma equipa ao terreno.

A estas contas não se está a incluir todas as instalações em que não se cobrou a referida religação. Uma vez que durante estas idas ao terreno não se esteve a avaliar este parâmetro, não serão estimados valores concretos para esta perda. Porém, e com isto em mente, menciona-se já aqui o valor de 35 € (sem IVA), de uma religação, pois este cálculo será feito numa fase posterior. Independentemente do valor não cobrado pelas religações não registadas, sem dúvida que aumentaria significativamente a poupança, da entidade gestora, num único mês.

Assim sendo e como conclusão deste programa sem ML, deixam-se algumas notas:

Em análise de BackOffice, que foi o propósito deste projeto e do programa em si, o tipo mais comum de ilícito que foi possível detetar foi, como esperado, as aberturas abusivas. Este tipo de ilícito é o mais comum, não só pelos resultados obtidos neste trabalho, mas também pelo tipo de denúncias feitas pelos leitores à unidade orgânica de Gestão da Dívida. Outro tipo de ilicitude encontrada, foram contadores adulterados, em situações esporádicas e contratos recentemente rescindidos (possuíam o selo de rescisão violado, mas na base de dados usada ainda apareciam como contratos em vigor), porém, em termos de expressão este número não foi significativo.

Por outro lado, este tipo de análise em BackOffice, apresenta as suas fragilidades, que podem ser atribuídas sobretudo à forma como é transmitida a informação do terreno à entidade gestora.

Uma primeira fragilidade é o facto de a maioria dos contadores não serem por telemetria, o que implica a deslocação ao terreno de leitores que ao anotarem as leituras podem introduzir erros que depois são propagados e podem ainda ser aumentados até ao momento do seu registo na base de dados. Os leitores ao verificarem as leituras das instalações podem ainda, caso notem irregularidades no contador, eles próprios relatá-las, algo que já acontece, porém, tal como se pode ver, o número desses registos por ano é inferior ao número encontrado pelo programa num único mês, para mais ver subcapítulo 5.3. Tendo sempre em atenção, que pode ainda haver instalações, que nem aos leitores é dado acesso, pelo que nestas instalações é aconselhável, sempre que possível, a instalação de contadores com telemetria e quiçá, contadores inteligentes que permitem o corte à distância.

Outra limitação são os contratos rescindidos, que não chegaram a entrar nesta primeira análise, pois também, não constam da base de dados disponibilizada. Estes tipos de contratos também implicam outras dificuldades, não só porque algumas destas instalações podem não ter contadores o que impossibilita o tipo de análise feita neste projeto (e aumenta as

probabilidades de ligações diretas), como o facto de que a partir do momento em que um contrato é rescindido a instalação deixa de fazer parte do roteiro dos leitores. Para esta situação em concreto, cabe à EG integrar estas instalações de forma periódica ou no roteiro dos leitores ou no das equipas de cortes, por forma a controlar a possibilidade de ilícitos nessa instalação, nomeadamente ligações diretas, garantindo a periódica atualização da informação em BackOffice da entidade gestora.

Existe ainda, um problema maior, que é o facto de que mesmo que se detete uma instalação que tem um ilícito, se este for um bypass ou picagem, a única forma de o comprovar, seria através da utilização de um GPR (aparelho que permite a visualização de condutas e ramais no subsolo), algo que a entidade gestora não possui, ou por videoscopia à rede, ou ainda através de uma vistoria completa aos ramais da instalação que envolve os procedimentos referidos no estado da arte e esquematizado na figura 19, procedimentos estes que não são passíveis de aplicar às rotineiras vistorias a instalações, executadas diariamente pelas equipas de corte.

Deste modo, este tipo de vistoria ficou impossibilitada de se fazer, não só pelo elevado custo dos materiais, bem como o facto de que vistorias deste tipo requerem um elevado gasto de tempo que cada equipa tem que despende numa única instalação o que por si só diminui o número normal de vistorias por equipa, como aumenta os custos que a entidade gestora tem por deslocação ao terreno, sendo por isso necessária uma análise particular para estes casos de ilícitos, por forma a determinar com a maior precisão possível, as instalações onde vale a pena fazer estas vistorias para que esta ação seja o mais rentável possível à entidade gestora.

Por último, é importante salientar que a precisão deste programa na deteção de ilícitos deu uma média de 84%, isto é, fazendo uma média da percentagem de sucesso na confirmação de ilícitos de cada ida ao terreno, desde a ida ao terreno nº5, a partir da qual já se começou a ter dados atualizados e tendo em conta que os 16% em que não se encontraram ilícitos se deveu ao facto e de um modo geral à impossibilidade de acesso ao contador ou à regularização da situação anómala do cliente com a entidade gestora, posterior à tiragem da listagem.

6.3 Programa de ML *Decision Tree*, Programa 2

Com os dados rotulados retirados do programa nº 1 foi então criado o programa nº 2 com ML. Para mais detalhes de como foi criado o programa ver subcapítulo 5.7.

Na criação do primeiro modelo de treino e teste, foram utilizados 54 dados de instalações, com acesso, das idas ao terreno suprarreferidas.

Para o programa de *Machine Learning* foi necessário alterar as colunas ‘Cortados’, onde as instalações cortadas passam a ‘1’ e as não cortadas a ‘0’; e no ‘Estado do Contrato’ utilizou-se diretamente o código numérico já associado na base de dados a cada tipo de estado de contrato. No ‘Estado da Habitação’ também se alterou a palavra associada por um número, designado abaixo:

- Habitada = 0
- Vago/Devoluta = 1
- Ruínas = 2
- Emparedado = 3
- Fechada = 4
- Ausente = 5
- 2º habitação = 6
- Demolido = 7
- Estrangeiro = 8
- Ao abandono = 9

Isto foi feito tanto no ficheiro, em Excel, onde se guardou os dados rotulados, para treinar e testar o modelo, como na base de dados geral onde se prevê novos ilícitos. Neste modelo de árvore de decisão não é possível associar palavras para que o programa as interprete, como tal, foi tudo convertido para numérico.

Após se treinar o modelo, foi possível obter testes com uma precisão de 99,57% (*Accuracy*: 0.9957482993197279).

Com o modelo em *Machine Learning* treinado e testado usou-se o mesmo para determinar novos ilícitos na base de dados.

Como tal, foi possível identificar um total de 1561 instalações, em que o modelo prevê que há um ilícito.

Ao contrário de todos os outros algoritmos em *Machine Learning*, onde o processo de decisão é uma espécie de “caixa negra”, onde não é possível saber o tipo de “raciocínio” utilizado pelo modelo para tomar decisões, as Árvores de Decisão, permitem que seja criado um “esquema”, onde é possível verificar quais os métodos de decisão utilizados pelo modelo para classificação, neste caso, de ilícitos.

A figura seguinte, foi então obtida utilizando mais algumas linhas de código, adicionais ao comando, em si, para criação do modelo em *Decision Tree*.

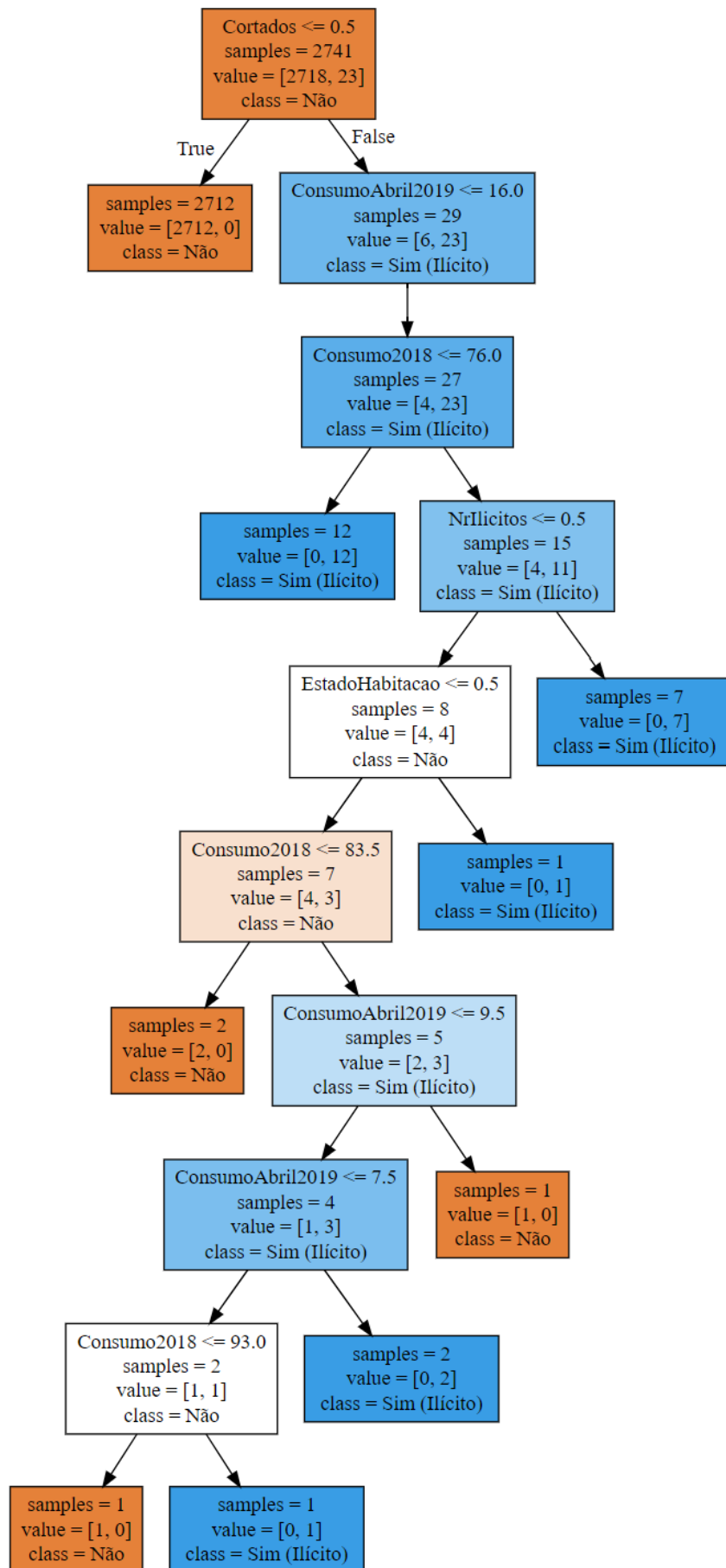


Figura 61 - Árvore de Decisão de Ilícitos

Neste sentido foi também feita a seguinte análise:

- Número de Contratos Total: 159 846
- Número Ilícitos Previstos com ML: 1 561
- Consumo Mensal Estimado: 20 [m³/mês]
- Água Perdida com Ilícitos: 31 220 [m³/mês]
- Percentagem de Infratores: 1 [%]
- Prejuízo: 62 440 [€/mês]
- Custo de Resolução: 1 561 [€/mês]
- Poupança: 60 879 [€/mês]

Estes resultados, advêm assim da previsão de ilícitos feita pela árvore de decisão da figura acima. Para os cálculos efetuados, utilizaram-se os mesmos dados que no ponto 6.2.

6.3.1 Colmatação da vulnerabilidade herdada do programa 1

Para colmatar uma das vulnerabilidades referida no programa 1, nomeadamente, a dos contratos rescindidos, foram utilizados dados de ilícitos relatados por leitores neste tipo de instalações e adicionados ao modelo em *Machine Learning* DT.

Com estes novos dados, treinou-se um novo modelo, onde se adicionou os contratos rescindidos e mais alguns contratos suspensos com ilícitos provenientes de denúncias dos leitores, sendo possível obter testes com uma precisão de 99,24% (*Accuracy*: 0.9924178601516428).

Com o modelo em *Machine Learning* treinado e testado usou-se o mesmo processo para determinar novos ilícitos na base de dados.

Como tal, foi possível identificar um total de 1605 instalações, em que o modelo prevê que há um ilícito.

- Número de Contratos: 159 846
- Número Ilícitos Previstos com ML: 1 605
- Consumo Mensal Estimado: 20 [m³/mês]
- Água Perdida com Ilícitos: 32 100 [m³/mês]
- Percentagem de Infratores: 1 [%]
- Prejuízo: 64 200 [€/mês]
- Custo de Resolução: 1 605 [€/mês]
- Poupança: 62 595 [€/mês]

Com este novo modelo é, também, possível obter uma nova árvore de decisão, representada abaixo.

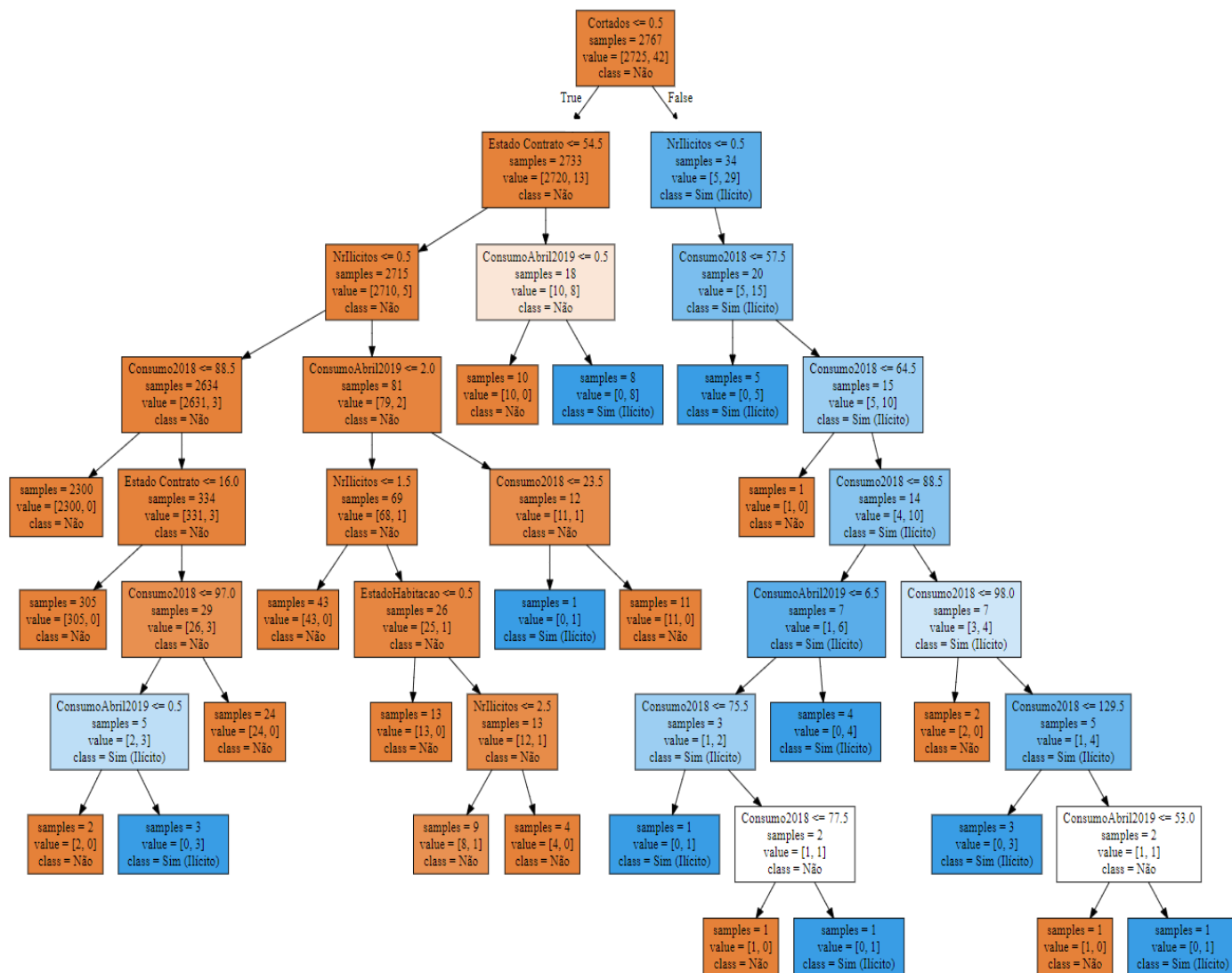


Figura 62 - Árvore de Decisão de Ilícitos, com Contratos Rescindidos e Suspensos

Após isto, foi possível visualizar todas as instalações que deram como ilícito no programa 2, num mapa da cidade do Porto.

Para isso utilizou-se apenas as funcionalidades do Google Maps.

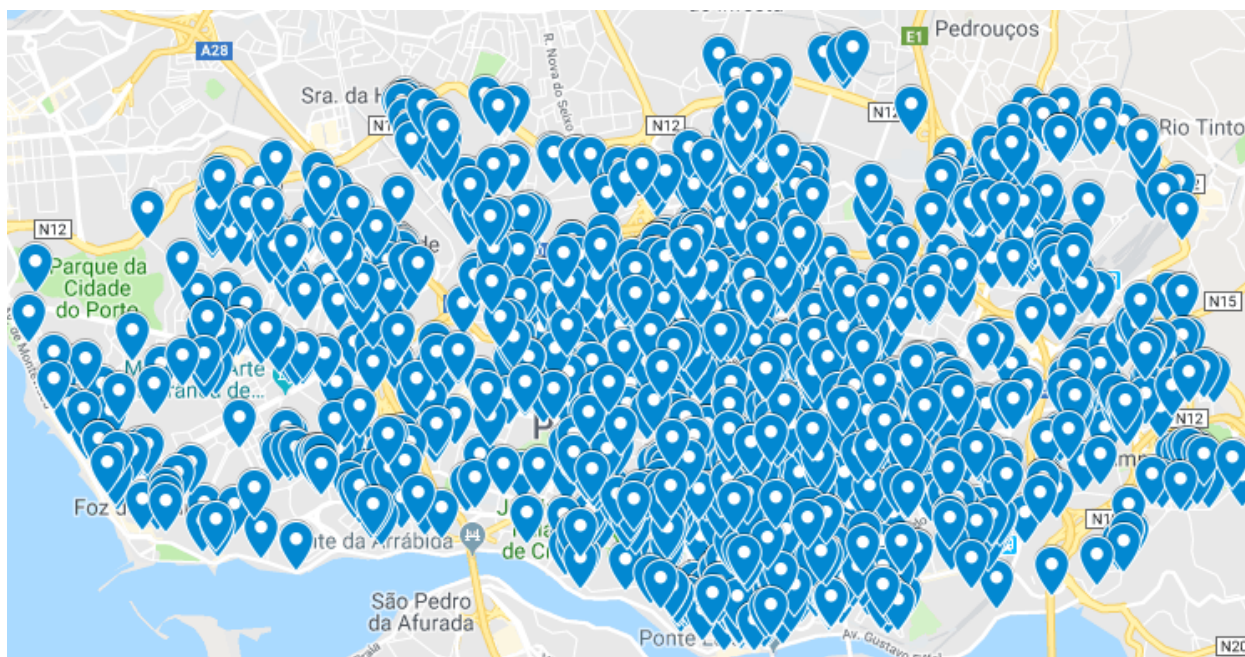


Figura 63 - Mapa com Ilícitos do Programa de ML

Na figura acima, é possível ver todas as localizações das 1 605 instalações onde há previsão de ilícito. Através deste mapa podemos ver um grande aglomerado de ilícitos na zona histórica do Porto.

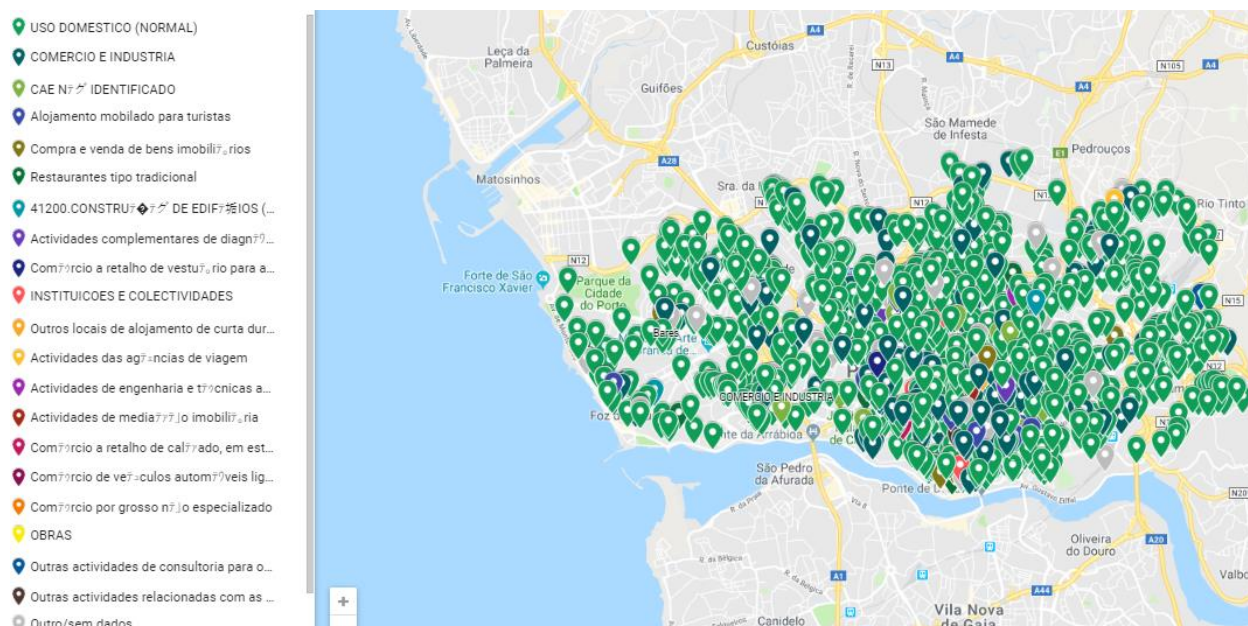


Figura 64 - Mapa do Programa de ML, legenda por CAE

Na figura acima, vê-se ainda as instalações com ilícitos, mas associadas à tipologia de utilização, CAE. Na figura, nota-se ainda, uma clara incidência de ilícitos com o CAE como Uso Doméstico. Algo que já seria de esperar, pelo facto de que esta tipologia é a mais comum nos contratos no Porto e pelo facto de que o programa foi treinado, sobretudo, para encontrar ilícitos nestes contratos.

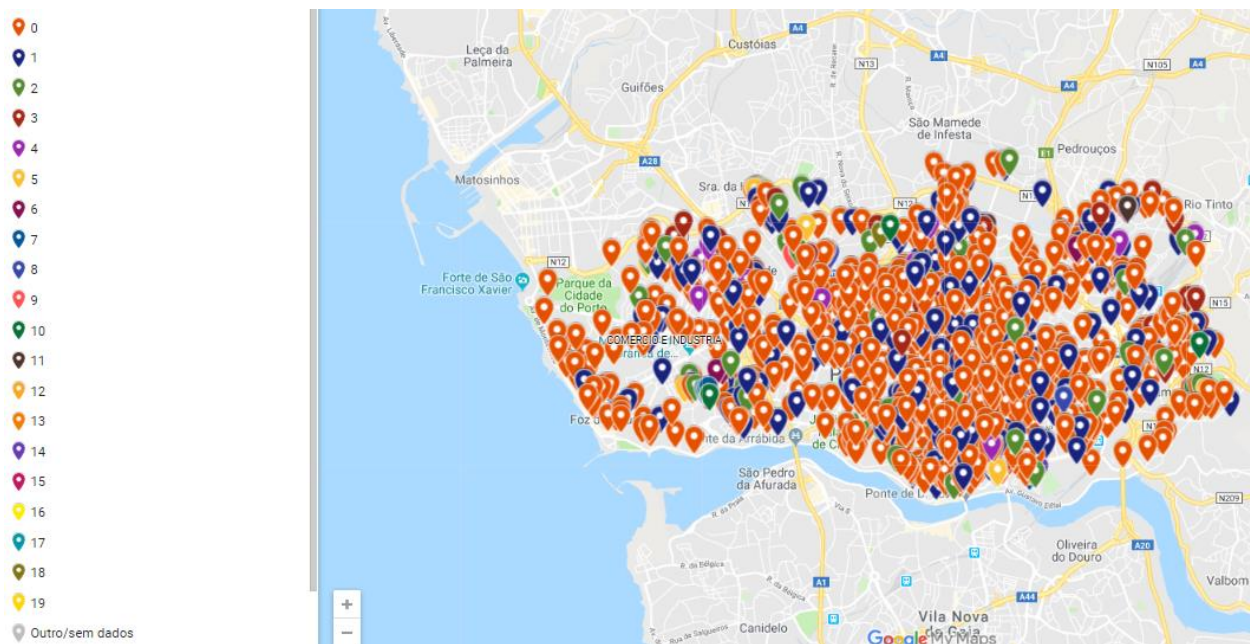


Figura 65 - Mapa do Programa de ML, legenda por Histórico de Ilícitos

Por último, na figura acima, associou-se as mesmas instalações ao seu historial de ilícitos e nota-se claramente que muitas das instalações assinaladas estão no seu primeiro ilícito.

Em suma, destes resultados, conclui-se que o CAE mais incidente como ilícito é em Uso Doméstico, seguido pelo Comercio e Indústria e que quanto a instalações com historial de ilícitos é possível ver que há uma grande quantidade que não possui registo de ilícitos anteriores, ou seja, são clientes que incorrem na sua primeira infração. Sendo por isso essenciais medidas de contenção para que estes não incitem outros a fazer o mesmo, nem continuem eles mesmos a praticar ilícitos.

6.4 Validação do Programa N° 2

Os resultados obtidos no ponto anterior foram meramente utilizados para fins de visualização de mapas e estatísticas gerais, uma vez que os dados introduzidos no programa não foram previamente atualizados.

Nesse sentido, foram pedidos novos dados atualizados para que se pudesse fazer validação do programa no terreno.

A vistoria ocorreu já no mês de setembro, porém, os dados fornecidos, relativos à contagem do último mês, eram de julho.

De seguida e antes de se correr a base de dados no programa nº2, retirou-se todas as instalações em que no mês de julho, o “último” mês, a contagem foi calculada por leituras de estimativa, uma vez que já no programa nº 1 este foi um fator que diminuiu bastante a taxa de confirmação de ilícitos no terreno. Posteriormente, ainda se retiraram as instalações em bairros, pois a vistoria a este tipo de instalações, necessita de acompanhamento policial.

Desta forma, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Número de Contratos: 104 192
- Número Ilícitos Previstos com ML: 1 096
- Consumo Mensal Estimado: 20 [m³/mês]
- Água Perdida com Ilícitos: 21 920 [m³/mês]
- Percentagem de Infratores: 1 [%]
- Prejuízo: 43 840 [€/mês]
- Custo de Resolução: 1 096 [€/mês]
- Poupança: 42 744 [€/mês]
- Poupança ao fim de 1 ano: 512 928 [€]

Para se efetuar as idas ao terreno por forma a validar o programa, escolheu-se, dentre as 1096 instalações indicadas como possíveis ilícitos, 124 instalações, 11% do total das instalações indicadas como ilícitos.

Sendo assim, dessas 124 instalações que se encontravam na lista foi possível confirmar ilícitos em 70 das instalações.

Das instalações onde não se pode confirmar a ilicitude, 36 das mesmas, deveu-se à não atualização da base de dados, em concreto, a não inserção da informação de reabertura do AA à instalação. Este facto pode-se dever a diversos constrangimentos, porém, também representa uma perda para as águas, pois não é cobrada a reabertura do AA, que equivale a 35 €, mais IVA.

Em 18 das instalações, não foi possível ter acesso ao nicho do contador, pelo que nada se pode concluir. Porém, é ainda relevante mencionar que na maioria destas instalações onde não se teve acesso, já existe o historial de ilícitos passados, sendo que a instalação que possui um maior historial de ilícitos já conta com 25 infrações.

Deste modo, para estas 54 instalações, nada se pode concluir à cerca da eficácia do programa, pois na primeira situação a falha advém da atualização da base de dados e na segunda situação, existe a perentória falta de acessibilidade aos contadores.

Como tal, e uma vez que em todas as instalações a que nos foi possível o acesso, o ilícito foi confirmado, concluímos que a taxa de sucesso deste programa na identificação de ilícitos é de 100 % (para os referidos 11 % de instalações verificadas durante a validação).

Uma vez que o modelo treinado em *Machine Learning*, *Decision Tree*, já possuía um elevado nível de precisão, especificamente, de 99,2%; estão assim validados o programa e a viabilidade da utilização deste tipo de metodologias de ML, na deteção de ilícitos e redução das perdas aparentes.

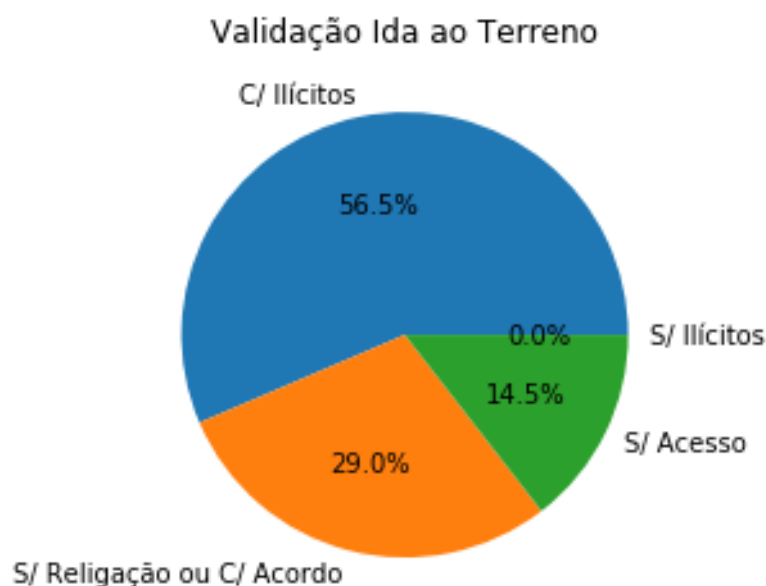


Gráfico 17 - Gráfico de Validação 1, feito em Python.

Através do gráfico acima, é ainda possível proceder ao seguinte cálculo: $1\,096 * 29\% * 35 = 11\,124$ €. Este valor represente o valor perdido, exclusivamente pelo facto de não se ter cobrado a religação aos clientes a quem foi religado o abastecimento. Neste caso usa-se a quantidade de instalações onde é provável o ilícito, retirada na fase da validação e o valor de 35 € da religação (sem IVA).



Gráfico 18 - Gráfico de Validação 2, feito em Python.

Como se pode verificar pelo gráfico acima, a confirmação de ilícitos foi de 100% uma vez que de todas as instalações a que se teve acesso, foi confirmado o ilícito. Neste seguimento, fica assim, validado o programa desenvolvido durante esta dissertação.

6.4.1 Visualização dos mapas da etapa da Validação

Após esta análise, foram ainda feitos os mapas com a disposição dos ilícitos previstos pelo programa, não se disponibiliza o mapa dos ilícitos onde se confirmou os ilícitos por questões de confidencialidade.



Figura 66 - Mapa com Ilícitos do Programa de ML para Validação

Na figura acima, é assim possível ver todas as localizações das 1 096 instalações onde há previsão de ilícito na fase de validação. Verifica-se, também, uma maior concentração dos mesmo na zona da baixa da cidade.

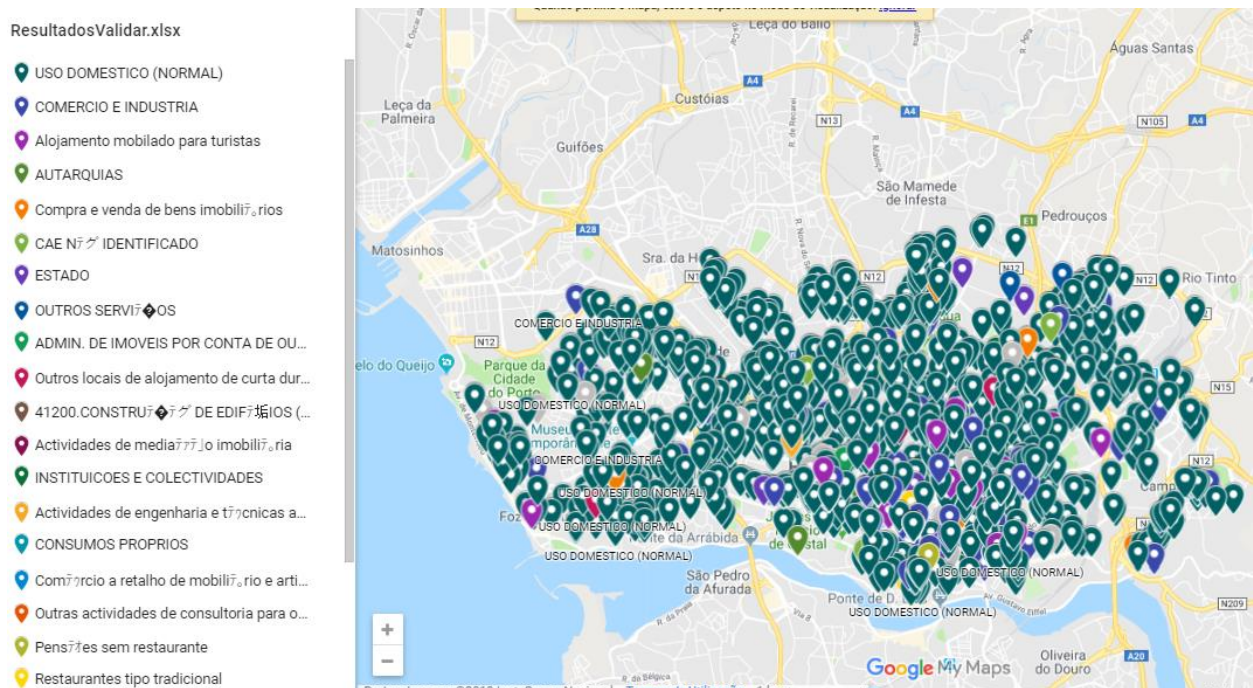


Figura 67 - Mapa do Programa de ML, legenda por CAE, para Validação.

Na figura acima, vê-se as instalações com ilícito, associadas à tipologia de utilização, CAE.

Nesta figura nota-se, mais uma vez, uma clara incidência de ilícitos com o CAE como Uso Doméstico, tal como nos mapas anteriores, seguido pelo Comercio e Indústria.

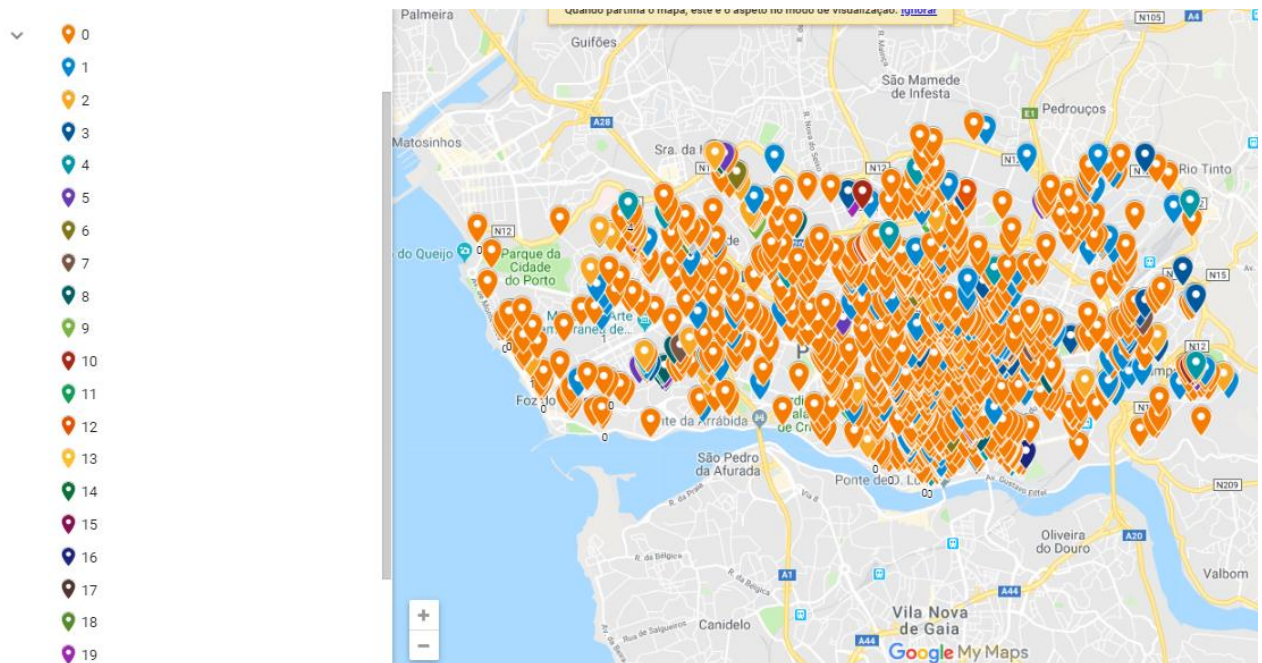


Figura 68 - Mapa do Programa de ML, legenda por Histórico de Ilícitos, para Validação.

Por fim, na figura acima, associou-se as mesmas instalações ao seu historial de ilícitos e nota-se claramente que muitas das instalações assinaladas estão no seu primeiro ilícito. Este facto, pode ser facilmente explicado se recordarmos a tabela apresentada no capítulo 5.3. Neste capítulo, é possível verificar que com o programa nº 2 (na fase de validação) é possível detetar 16 vezes mais ilícitos do que os atualmente detetados pela EG, no mesmo período de tempo. Isto significa que, ou os clientes nestas instalações fizeram o ilícito recentemente (algo pouco provável) ou estes ilícitos já existem há bastante tempo, mas só agora estão a ser detetadas como ilícito, devido ao desenvolvimento desta nova metodologia com *Machine Learning*.

Em suma, também na fase de validação do programa, conclui-se que o CAE mais incidente como ilícito é em Uso Doméstico, seguido pelo Comercio e Indústria e que quanto a instalações com historial de ilícitos é possível ver que há uma elevada deteção de novas instalações, algo já explicado. Por essa mesma razão, a EG, não se pode desleixar na célere retificação de todas estas situações anómalas.

Tanto no caso de clientes que incorrem na sua primeira infração, como no caso de clientes que já possuem historial de ilícitos, a EG tem de atuar de forma rápida, insistente e em particular de forma mais radical para clientes com cadastro de ilícitos. Só desta forma, é que

é possível fazer um combate aos ilícitos, que subsequentemente vai reduzir as perdas aparentes e consequentemente, aumentar a sustentabilidade económica das EG.

7 Conclusões

Após este estudo de deteção e previsão de ilícitos, como forma de redução das perdas aparentes com algoritmos de *Machine Learning*, é possível chegar às seguintes conclusões.

Em primeiro lugar, um dos grandes fatores que impediu uma maior descoberta de ilícitos, foi a atualização da base de dados, de modo a que se entenda este impedimento, descreve-se a forma de como é executada a atualização da base de dados, dos dados dos clientes. Esta base de dados foi usada tanto no programa nº 1 como no programa nº 2.

Em relação ao estado de contrato, isso é feito logo que há validação do contrato entre o cliente e a entidade gestora, posteriormente pode ser alterada em BackOffice consoante as fiscalizações no terreno e o próprio cancelamento de contrato por parte do cliente, porém, todas as outras informações significativas que são necessárias ao programa por forma a que este nos dê as instalações com maior probabilidade de ilicitude, estão associadas a deslocações ao terreno, por parte de diversas equipas da entidade gestora. Estas informações, relativas às restantes variáveis definidas, são: as leituras, que nos permitem obter tanto o consumo total do ano transato, como o consumo do último mês do ano corrente; o histórico de ilícitos; o estado de corte e por fim; o estado da habitação.

Como tal, estes dados estão sujeitos a atrasos associados à periodicidade de leituras e ao próprio registo das equipas aquando da ocorrência de corte, por motivos de dívida ou ilícito. Neste sentido, se por qualquer motivo a habitação ficar vaga ou devoluta, o próprio estado de contrato, caso não tenha sido cancelado ou rescindido pelo próprio cliente, terá que ser posteriormente alterado para outra categoria pela própria entidade gestora, por exemplo, para suspenso. Este tipo de retificações na base de dados, explicam assim alguns dos constrangimentos na correta atualização da mesma.

A única forma de, atualmente, obter estas informações e em concreto as leituras, de forma automática e sem atrasos, é nos contadores com telemetria. Sendo que mesmo estes teriam de estar associados a concentradores. Desta forma, a informação das leituras é automaticamente transferida para a base de dados da entidade gestora, caso que não é possível com telemetria por drive-by. Nesta situação é necessário, que alguém passe pelas ruas adjacentes a estes contadores, por forma a registar as leituras dos mesmos num aparelho portátil, que só posteriormente é levado para a empresa, onde é descarregada toda a informação recolhida pelo aparelho.

Em segundo lugar, outra das conclusões a que podemos chegar é que apesar do programa desenvolvido poder ser aplicada para deteção de ilícitos numa qualquer entidade gestora, de águas, é preciso ter especial atenção à origem dos dados. Nesta origem dos dados, falamos

especificamente das leituras reais ou por estimativa. Uma vez que o programa está dependente de seis variáveis para trabalhar, duas das quais retiradas a partir de leituras, em concreto o consumo do ano transato e com especial particularidade o consumo do último mês do ano corrente, quando se inserem leituras por estimativa é o mesmo que estar a arbitrar um consumo mensal para essa mesma instalação. O que implica que o programa vai trabalhar com dados desfasados da realidade, situação similar a quando não é feita a devida atualização da base de dados, já referido anteriormente.

Por último, conclui-se ainda, que na sua totalidade, o tipo de ilícito mais encontrado foi Aberturas Abusivas, situação que já era de esperar, pois são também esses os casos de maior ocorrência de ilícitos, registada e combatida pela entidade gestora.

Refere-se ainda, que a quantidade total de ilícitos detetada pelo programa num único mês e em específico a quantidade de ilícitos detetada na fase de validação do programa, é 16 vezes superior à quantidade total de ilícitos detetada pela entidade gestora atualmente, no mesmo período de tempo. O programa desenvolvido deteta 1096 instalações/mês, na fase de validação, enquanto que a EG tem como média de deteção 70 instalações/mês.

O algoritmo desenvolvido, já tem uma elevada precisão de modelo, de 99,2%. Desta forma, quando uma instalação é dada como “ilícito” pelo algoritmo, a probabilidade de confirmação já é de 99,2 %. Através desta elevada precisão de modelo, foi assim possível, na fase de validação, obter uma confirmação de Ilícitos de 100 %, dos 11% de instalações vistoriadas.

Como nota final, salienta-se a análise feita ao gasto e à poupança que a EG obteria, caso solucionasse todos os ilícitos encontradas pelo programa, com ML. Em suma, usou-se os valores obtidos pelo programa, no período de validação, pois estes vão nos dar valores mais fidedignos da realidade. Neste seguimento, no período de um único mês poupar-se-ia em torno de 42 744 €; face ao prejuízo de não tomar nenhuma ação, que rondaria os 43 840 €. Já para não falar, no valor que não foi cobrado pela entidade gestora (no mesmo período de tempo), relativo a religações e que rondaria os 11 124 €.

Importante ainda referir, que estes valores são relativos a um único mês e se houver desleixo por parte da entidade gestora, a quantidade de ilícitos tende a aumentar. Contudo, caso se mantenha uma boa política de gestão, reforçada com a utilização do programa desenvolvido, é possível que se obtenham poupanças anuais de 512 928 €, puramente, pela resolução de ilícitos detetados pelo algoritmo.

Com a utilização desta nova metodologia e do programa criado, é assim possível, aumentar a sustentabilidade económica de qualquer Empresa de Águas e uma vez que estas perdas sejam reduzidas, poupa-se capital que anteriormente estava a ser vazado erradamente e que pode

agora servir para investir na contínua redução de perdas, em particular das perdas aparentes, bem como noutras áreas de interesse das Entidades Gestoras.

8 Recomendações para Trabalhos Futuros

Aquando da realização desta dissertação, foram surgindo outras oportunidades de estudo, ainda com intuito de baixar o número de ilícitos, dentro das quais se recomendam para desenvolvimento futuro:

- Criação de campanhas de consciencialização dos cidadãos para o uso correto dos ramais das instalações prediais e sobretudo, para as consequências dos atos de ilicitude, com o intuito de incutir uma cultura de cumprimento na população;
- Elaboração de estudos técnicos sobre a viabilidade económica de transferir as adufas e contadores do interior para o exterior das instalações dos clientes, em especial nos casos de clientes com histórico de incumprimento e ilicitude;
- Criação de uma base de dados paralela, só com os clientes que já cometeram ilicitudes e com clientes com um historial de consumos anómalo, para que sejam efetuadas vistorias minuciosas à rede predial, quiçá, com aparelhos de GPR ou videoscopia;
- Análise da viabilidade da compra de equipamentos de GPR ou videoscopia face a contratação de empresas especializadas, por forma a descobrir picagens ou bypass na rede;
- Criação de um projeto que vise a acoplação de cabos de fibra ótica aos ramais e condutas da rede, de modo a que se possa obter dados de toda a rede de forma automática e instantânea (desde caudais a pressões).

Como formas em concreto de melhoria à metodologia desenvolvida e em especial ao algoritmo criado, propõem-se:

- Continuar a inserir dados de vistorias das instalações no programa criado, por forma a torná-lo mais eficiente e preciso;
- Otimizar o algoritmo criado, por exemplo, com a criação de um algoritmo em *Random Forest*.

Referências

- Águas do Porto E.M. 2019a. «Distribuição de Água». *Águas do Porto*. Porto. <https://www.aguasdoporto.pt/areas-de-intervencao/distribuicao-de-agua>.
- . 2019b. «Rede de Distribuição». *Águas do Porto*. 2019. <https://www.aguasdoporto.pt/rede-de-distribuicao/rede-de-distribuicao>.
- Almeida, Octávio, Marc Jacquinet, Paula Ana, e Martinho. 2016. «"A Regulação do Abastecimento de Água no Espaço Europeu, na CPLP e em países Asiáticos"». Em *13º Congresso da Água*. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4935.5920>.
- APA. 2015. «Plano estratégico de abastecimento de água e saneamento de águas residuais (PENSAAR)» I: 117. <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=1098>.
- APDA. 2017. «Consumos não Autorizados». Lisboa. https://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201710231450-fichaconsumos_nao_autorizados.pdf.
- Câmara Municipal de Matosinhos. 2014. *Regulamento n.º 485/2014*. <https://dre.pt/pesquisa/-/search/58626818/details/normal?l=1>.
- Carteado, Fatima, e Michel Vermersch. 2016. «Apparent Water Losses generated by Unauthorised Consumption : Assessment and Corrective Actions», n. February.
- CMPEA - Empresa de Águas do Município do Porto EM. 2018. «Relatório & Contas». Porto.
- EOS Organização e Sistemas. 2017. «Novidades tecnológicas sobre o sistema de distribuição de água». 2017. <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-distribuicao-de-agua/>.
- Epal, Technical Editions. 2015. «Controlo Ativo de Perdas de Água».
- ERSAR. 2013. «Os contadores domiciliários de água». ERSAR, APDA. https://www.inova-em.pt/sites/default/files/publica/documentos/clientes/Caderno03_Contadores_Agua.pdf.
- . 2018. *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal*. Vol. 1.
- Janz - Contagem e Gestão de Fluidos. 2018. «Sabe quantos tipos de contadores de água existem?» 2018. <https://cgf.janz.pt/sabe-quantos-tipos-de-contadores-de-agua-existem/>.
- L&L Engenharia Ambiental. 2018. «Qual a importância de um Sistema de Abastecimento de

- Água?» 2018. <http://lengenhariaambiental.com.br/2018/02/06/qual-a-importancia-de-um-sistema-de-abastecimento-de-agua/>.
- Lusa. 2018. «Tecnologia criada no Porto gere redes de água sem usar energia elétrica». *Diário de Notícias*.
- Martins, Joaquim Poças. 2018. «Redução de Perdas e Gestão de Empresas de Água».
- Mendes, Ana Rita. 2014. «A problemática do “contador padrão”». <https://www.carloscanaes.pt/2014/09/01/a-problematica-do-contador-padrao/>.
- Mercom Water Products. 2019. «Standpipe Flow Meters». 2019. <http://www.mercomwp.co.uk/standpipe-meters.php>.
- Naves, Filomena. 2017. «Água não cobrada gera perdas de 235 milhões de euros ao ano no país». *Diário de Notícias*. 2017. <https://www.dn.pt/sociedade/interior/agua-nao-cobrada-gera-perdas-de-235-milhoes-de-euros-ao-ano-no-pais-5740188.html>.
- Pereira, Hugo. 2019. «Luságua». *Deteção de Ilícitos*. <https://www.lusagua.pt/products/29-detecao-de-ilicitos?locale=pt>.
- Rodrigues, José Alves. 2001. «Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais».
- Sousa, Susana, Maria João Oliveira, e Magda Chichorro. 2017. «Indicadores de gestão da perda aparente - criação de uma plataforma de apoio à gestão com a aliança do processo contraordenacional». Em *Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento*.
- Sousa, Susana, Maria João Oliveira, e Joana Teixeira. 2016. «Quantificação e redução de perdas aparentes: Deteção e controlo de consumos ilícitos».
- Swamynathan, Manohar. 2017. *Mastering Machine Learning with Python in Six Steps*. Bangalore, Karnataka, India: Apress.
- Tribunal da Relação de Lisboa. 2016. *Contrato de Fornecimento de Água*. Lisboa, Portugal. <http://www.dgsi.pt/jtrl.nsf/-/440FCE68256BB91180257F7700578263>.
- Tutorials Point. 2019a. «AI with Python -“ Machine Learning»». 2019. https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence_with_Python/artificial_intelligence_with_Python_machine_learning.htm.
- . 2019b. «Classification Algorithms - Decision Tree». 2019. https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_Python/machine_learning_with_Python_classification_algorithms_decision_tree.htm.
- UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme. 2013. *Reduction of Illegal*

Water. UN-HABITAT. <https://unhabitat.org/books/reduction-of-illegal-water-volume-6/>.

Anexo 1 Microturbinas (Lusa 2018)

“Investigadores do Porto estão a desenvolver uma tecnologia para controlar a água em redes de abastecimento e sistemas de rega agrícolas, que não necessita de bateria nem de energia elétrica para funcionar e que permite reduzir os custos associados.

As soluções atuais de geração de energia em condutas de água não são apropriadas às pressões existentes nas redes de abastecimento de água potável, o que conduz a constrangimentos nesse abastecimento”, disse à Lusa João Ventura, do departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (DFA-FCUP), um dos responsáveis pelo projeto TriboE.

O objetivo deste projeto, explicou, é criar uma turbina triboelétrica de alta eficiência e baixo custo, que será aplicada em sistemas de distribuição de água potável, capaz de gerar energia elétrica a partir de pequenos fluxos de água.

Através desta tecnologia, continuou, será possível gerar a energia necessária para alimentar os dispositivos de sensorização, como é o caso dos sensores presentes em redes de abastecimento de água...”

Anexo 2 A problemática do “contador padrão” (Mendes 2014)

“Em diversos prédios existe ao que se chama vulgarmente “contador padrão”, em virtude de nesses prédios seja por já constar do projeto de construção, seja pela necessidade de instalação de bombas hidropressoras, as entidades que fornecem água instalam um contador totalizador.

O contador totalizador/padrão consiste num contador que tem por objetivo a medição da quantidade total de água que entra num prédio, por forma a controlar se existem ou não fugas de água.”

“Assim, a função de tal contador é apenas de controlo, verificação de fugas de água que podem decorrer da canalização das partes comuns, de alguma das frações ou até mesmo da atuação de terceiros alheios ao prédio, não podendo por isso ser faturada pela entidade gestora.”

Anexo 3 Acórdão do Tribunal da Relação de Lisboa (Tribunal da Relação de Lisboa 2016)

“No caso de haver diferença entre o volume de água fornecida pelo conjunto dos contadores divisionários instalados num prédio e o total do volume de água medido pelo contador padrão - vulgo totalizador-, sendo este superior, não é devido pelo Condomínio o pagamento desse acréscimo.

Só no caso de não existirem contadores divisionários para os consumos de água nas áreas comuns é que o Condomínio terá, sem prejuízo de poder reclamar de situações anormais, de suportar o custo do volume da água medida pelo contador totalizador e taxas associadas ao consumo.

Nos casos em que são instalados contadores divisionários para medição dos consumos de água nas partes comuns, o contador totalizador, instalado por opção e interesse da entidade gestora tem apenas uma função de controlo, verificação de fugas de água que podem decorrer de várias causas, incluindo o deficiente funcionamento dos contadores, cuja colocação e manutenção está a cargo da entidade gestora.”

Algo também presente no Regulamento n.º 485/2014. (Câmara Municipal de Matosinhos 2014)

Anexo 4 Código Programa N° 1, sem ML

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
''''
```

```
Created on Wed Jun 12 10:47:21 2019
```

```
@author: joaocosta
```

```
''''
```

```
import pandas as pd
```

```
import numpy as np
```

```
data
```

```
= pd.read_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese  
\Listagem_EstudoCaso11 - 6 - 2019_Testesusoenso_100.xlsx')
```

```
#data
```

```
= pd.read_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese  
\Listagem_EstudoCaso11 - 6 - 2019_ZonaAbastecimento_MaisInfo.xlsx')
```

```
df = pd.DataFrame(data, columns
```

```
= ['AreaLeitura', 'Actividade Economica', 'Cod Local Consumo', 'Estado Contrato', 'Consumo2018',  
/
```

```
'ConsumoAbril2019', 'NrIllicitos', 'Cortados', 'DataCorte', 'EstadoHabitacao', 'zona'agua,/
```

```
'Morada Local Consumo', 'Numero Contador'])
```

```
# Para os valores onde não tem nada escrito passa a ser 0.
```

```
df = df.fillna(0)
```

```
#print(df['NrIllicitos'])
```

```
# para as diferentes colunas, calcular a probabilidade de NrIllicitos por linha...
```

*# dependendo do numero de ilícios cometidos qual é a probabilidade de cometer
+ 1 ilícito... função polinomial, feita em excel.*

R = []

R1 = []

R2 = []

R3 = []

R4 = []

R5 = []

R6 = []

R6_NaN = []

R7 = []

R7_NaN = []

R8 = []

R8_NaN = []

#print(df.iloc[:,4])#.values

#print(x)

for index,row in df.iterrows():

*if row['Estado Contrato'] == '12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato'] =
= '13 - Reativado de inspeção': #and row['EstadoHabitacao'] =
= 'Habitada' or row['EstadoHabitacao'] == '':*

if row['NrIllicitos'] < 7:

x = row['NrIllicitos']

L

*= (-0.0003 * x ** 6 + 0.0081 * x ** 5 - 0.0814 * x ** 4 + 0.3519 * x ** 3 - 0.6084 * x ** 2
+ 0.4036 * x) * 100*

if L > 100:

L = 100 # se a probabilidade der maior que 100%, apresentar 100%...

```
R.append(L)

else:

L = 50

R.append(L)

else:

L = 0

R.append(L)

# print(R)


# 1; = SE($D2 >= 10; $M2; 40 + $M2)

if row['Estado Contrato'] == '12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato'] =
= '13 - Reativado de inspeção': #and row['EstadoHabitacao'] =
= 'Habitada' or row['EstadoHabitacao'] == '':

if row['Consumo2018']/12 >= 10:

z = L

R1.append(z)

else:

z = L + 40

if z > 100:

z = 100 # se a probabilidade der maior que 100%, apresentar 100%...

R1.append(z)

else:

z = 0

R1.append(z)

# print(R1)


# se a coluna row['Cortados'] == 'Cortado' fica c1 = 1
```

```
# Inserir fator que permita determinar se: data corte
> 3 dias então fazer probabilidade...

if row['Cortados'] == 'Cortado':

c1 = 1

else:

c1 = 0


# 2;    = SE(E($D2 >= 10; $L2 = 1); $M2 + 70; 0)

if row['Estado Contrato'] == '12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato'] =
= '13 - Reativado de inspeção': #and row['EstadoHabitacao'] =
= 'Habitada' or row['EstadoHabitacao'] == '':

if row['Consumo2018']/12 >= 10 and row['Cortados'] =
= 'Cortado': # verificar se é preferível usar como parametro, consumo mensal >
= 10m3 ou apenas se está cortado u não.

c = L + 70

if c > 100:

c = 100 # se a probabilidade der maior que 100%, apresentar 100%...

R2.append(c)

else:

c = 0

R2.append(c)

else:

c = 0

R2.append(c)

# print(R2)


# 5;    = SE(D2 < 10; (0,5 + M2/100 + L2 * 0,5) * 100; 0)
```

```
if row['Estado Contrato'] == '12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato'] =  
= '13 - Reativado de inspeção': #and row['EstadoHabitacao'] =  
= 'Habitada' or row['EstadoHabitacao'] == '':
```

```
if row['Consumo2018']/12 < 10:
```

```

$$n = \left(0.5 + \frac{L}{100} + c1 * 0.5\right) * 100$$

```

```
if n > 100:
```

```
n = 100
```

```
R3.append(n)
```

```
else:
```

```
n = 0
```

```
R3.append(n)
```

```
else:
```

```
n = 0
```

```
R3.append(n)
```

```
# print(R5)
```

```
# 6;    = (M2/100 + L2 * 0,7 + K2 * 0,7) * 100
```

```
if row['Estado Contrato'] == '12 - Contrato em vigor' or row['Estado Contrato'] =  
= '13 - Reativado de inspeção': #and row['EstadoHabitacao'] =  
= 'Habitada' or row['EstadoHabitacao'] == '':
```

```
if row['Consumo2018']/12 > 0:
```

```

$$m = (L/100 + c1 * 0.7) * 100$$

```

```
if m > 100:
```

```
m = 100 # se a probabilidade der maior que 100%, apresentar 100%...
```

```
R4.append(m)
```

```
else:
```

```
m = 0
```

```
R4.append(m)
```

```
#print(len(R6))
```

```
# 7; se contrato estiver Suspenso, e tem consumo é ilícito!!!
```

```
if row['Estado Contrato'] == '18 - Suspenso' and row['ConsumoAbril2019'] > 0:
```

```
R5.append(100)
```

```
else:
```

```
R5.append(0)
```

```
#print(len(R7))
```

```
# 8;  $SE(E(\$D2 < 10; \$K2$ 
```

```
 $= 1); (0,4 + (\$M2/100) + \$L2 * 0,1 + 0,7) * 100; 0)$ ; se contrato for novo não faturado
```

```
if row['Consumo2018'] / 12 >= 0 and row['ConsumoAbril2019'] !
```

```
= 0 and row['Estado Contrato'] == '14 - Contrato novo não faturado':
```

```
R6_NaN.append(index)
```

```
R6.append(0)
```

```
else:
```

```
R6.append(0)
```

```
# print(R8)
```

```
# 9;  $SE(E(\$D2 < 10; \$K2$ 
```

```
 $= 1); (0,4 + (\$M2/100) + \$L2 * 0,1 + 0,7) * 100; 0)$ ; se contrato for novo não faturado
```

```
if row['Consumo2018'] / 12 >= 0 and row['Estado Contrato'] =
```

```
= '15 - Contrato novo pendente de O/S':
```

```
R7_NaN.append(index)
```

```
R7.append(0)
```

```
else:
```

```
R7.append(0)
```

```
#print(R9)

matriz = np.array([R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7], dtype = object)

#print(matriz)

# formar nova matriz com os maximos em coluna da matriz anterior.

Probabilidades = np.nanmax(matriz,axis = 0)

# substituição do nan por Vistoria.

for i in range(len(Probabilidades)):

    if i in R6_NaN:

        Probabilidades[i] = 'Vistoria Recomendada,Tirar Leitura'

    if i in R7_NaN:

        Probabilidades[i] = 'Vistoria Recomendada,Instalar Contador'

    # if i in R8_NaN:

    #     Probabilidades[i] = 'Vistoria Recomendada,Verificar Estado da Habitação'

df['Probabilidades'] = Probabilidades

df.drop(df.tail(1).index,inplace = True)

#print(df.head().T)

print(df)

#mask = (df[df['Estado Contrato'] == '18 - Suspenso']) and (df[df['Probabilidades'] =

= 100])

#print(df[mask])

#export_excel

= df.to_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese

\Resultados_Ida_Terreno\IdaTerreno_n9VrerSus.xlsx',index = None,header = True)
```

```
export_excel = df.to_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\RevisaoSUS\Rev5.xlsx', index  
= None, header = True)
```

Anexo 5 Código Programa N° 2, com ML, DT

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
''''
```

```
Created on Sat Jul 27 09:53:12 2019
```

```
@author: joaocosta
```

```
''''
```

```
import pandas as pd
```

```
import joblib
```

```
DT_Illicito_Modelo = open('DT_Illicito_Modelo.pkl','rb')
```

```
# O ficheiro a "Prever" deve ter as seguintes colunas em Excel, com a mesma designação.
```

```
col_names2
```

```
= ['Cod Local Consumo','Estado Contrato','Consumo2018','ConsumoAbril2019',  
   /'NrIllicitos','Cortados','DataCorte','EstadoHabitacao','zona_agua','Morada Local Consumo',  
   /'X','Y','Numero Contador','Actividade Economica']
```

```
# Trocar o Caminho do ficheiro Existente para o novo ficheiro a Detetar Ilícitos
```

```
#Base_Dados2
```

```
= pd.read_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese  
   \Listagem_EstudoCaso11 – 6 – 2019_ZonaAbastecimento_Mapas.xlsx',names = col_names2)
```

```
Base_Dados2
```

```
= pd.read_excel(r'C:\Users\João\Desktop\João\FEUP\5ºAno\Tese\AdP_2019\DasdosTese  
   \Listagem_EstudoCaso11 – 6 – 2019_ZonaAbastecimento_Mapas.xlsx',names = col_names2)
```

```
Base_Dados2 = Base_Dados2.fillna(0)
```

```
feature_cols2
```

```
= ['Estado Contrato','Consumo2018','ConsumoAbril2019','NrIllicitos','Cortados','EstadoHabitacao']
```

```
X_data = Base_Dados2[feature_cols2] # Features
```

```
clf = joblib.load(DT_Illicito_Modelo)
```

```
y_pred_Result = clf.predict(X_data)
```

```
print(y_pred_Result)
```

```
#Inserção dos resultados na Base de dados...
```

```
Base_Dados2['é_Ilícito'] = y_pred_Result
```

```
#Exportação dos Resultados para visualização em folha Excel!
```

```
#Escrever caminho para o ficheiro do ficheiro desejado,'Prev_Ili_Maputo'.
```

```
#export_excel
```

```
= Base_Dados2.to_excel(r'C:\Users\joaocosta\Desktop\AdP_2019\DasdosTese\ML_Arvore  
\Prev_Ili_Mapas.xlsx',index = None,header = True)
```

```
export_excel
```

```
= Base_Dados2.to_excel(r'C:\Users\João\Desktop\João\FEUP\5ºAno\Tese\AdP_2019  
\DasdosTese\ML_Arvore\ML_Arvore\Prev_Ili_Mapas.xlsx',index = None,header = True)
```