



Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil - Construções Cívicas

***Modelação da Qualidade da Água em Sistemas  
Públicos de Abastecimento***

**Luís Carlos Ladeira David**

Leiria, março de 2015





Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil - Construções Civas

***Modelação da Qualidade da Água em Sistemas  
Públicos de Abastecimento***

**Luís Carlos Ladeira David**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Ricardo de Jesus Gomes Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação da Dr.<sup>a</sup> Carla Sofia de Carvalho Faustino, Responsável pelo Setor de Produção e Exploração dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Leiria.

Leiria, março de 2015



# Agradecimentos

---

Agradeço aos meus pais Felisbela David e Manuel David, por todo o apoio que me conferiram ao longo da realização da dissertação e pela oportunidade de realizar os meus estudos.

À minha namorada, Andreia Almeida, pela ajuda e compreensão incondicionais demonstradas ao longo destes anos, que só assim tornaram possível a realização desta dissertação.

Agradeço à restante família, nomeadamente avós, irmão, cunhada, tios e prima pelo apreço que sempre mostraram ao longo da minha vida académica.

Agradeço ainda aos pais da namorada pelo apoio e auxílio demonstrado em todos os momentos.

Ao Eng.º Ricardo Gomes, professor no departamento de Engenharia Civil da ESTG, do Instituto Politécnico de Leiria e orientador da minha dissertação de mestrado, agradeço pela ajuda, preocupação, orientação, cedência de material bibliográfico e todo o esforço global essencial na realização da dissertação. Agradeço ainda à Dr.ª Carla Sofia de Carvalho Faustino, Responsável do Setor de Produção dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Leiria, pela ajuda e disponibilidade revelada.



# Resumo

---

Apesar de atualmente a água que se consome ser de “boa qualidade”, a procura por uma água 100% segura e que dê garantias ao consumidor, é um dos grandes objetivos das entidades gestoras que estão a cargo do setor da água no nosso país. Por vezes, as consequências que advêm do consumo da água com “má qualidade” podem ser negativas e provocar problemas de saúde pública.

Nesta dissertação, em termos práticos será desenvolvida uma simulação de parâmetros de qualidade da água para uma rede real, cujo modelo de simulação hidráulica não se encontra calibrado. A zona de estudo, localizada na freguesia da Maceira (Leiria), sob tutela dos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento de Leiria (SMAS), foi simulada no *software* EPANET, segundo diversos cenários, em dois parâmetros distintos: idade da água e decaimento do cloro. Os resultados obtidos permitem verificar que a idade da água e o decaimento do cloro não têm o impacto, que seria expetável, caso a rede tivesse uma maior dimensão.

A dissertação está organizada da seguinte forma: será apresentada uma introdução à temática da qualidade da água, enquadrando o tema com o panorama geral no nosso país e no Mundo, realçando os objetivos deste estudo; de seguida descreve-se a metodologia utilizada; e posteriormente é apresentado um caso de estudo com o comentário dos resultados, de onde se retiram as principais conclusões.

*Palavras-chave: EPANET, modelos de simulação dos parâmetros de qualidade da água, qualidade da água, sistemas públicos de distribuição de água.*



# Abstract

---

Though currently the water that is consumed be of “good quality” the search for a 100% safe water that can give assurance to the consumer is one of the big objectives of the entities responsible for the management of the systems who are in charge of the water sector in our country. Sometimes the consequences that come from “bad water” consumption can be negative and cause public health problems.

On this dissertation in practical terms will be developed a water quality simulation for a real network that wasn't calibrated. The study zone located in Maceira (Leiria) under custody of *Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento de Leiria (SMAS)* was simulated on *EPANET* software according to several scenarios in two different parameters: water age and the chlorine decay. The obtained results allow to verify that water age and chlorine decay haven't impact that would be expected if the network had a bigger dimension.

The dissertation is organized as follows: it will be presented an introduction to the water quality theme framing that with the global prospect in our country and in the world highlighting the objectives of this study; next is described the methodology used; and after is presented a case of study with the commentary of results whence get principal conclusions.

*Keywords: EPANET, parameters of water quality simulation models, water quality, public water distribution systems.*



# Índice

---

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS E SIGLAS</b>	<b>XV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XVII</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento ao tema	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Organização da dissertação	3
<b>2. ESTADO DA ARTE</b>	<b>5</b>
2.1. Disponibilidade da água no mundo	6
2.2. Evolução da qualidade de água nos sistemas públicos de abastecimento de água em Portugal	9
2.3. Relação entre Entidades e Autoridade de Saúde	16
2.4. Revisão da Legislação Portuguesa	18
2.5. Fatores responsáveis pela degradação da qualidade da água	21
2.6. Novos contaminantes da água	23
2.7. Planos de Segurança da Água	27
<b>3. SIMULAÇÃO HIDRÁULICA E DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS PÚBLICOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA</b>	<b>31</b>
3.1. Introdução	32
3.2. Desenvolvimento de modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água	33
3.2.1. Modelo de simulação hidráulica	33
3.2.1.1. Representação esquemática da rede	33
3.2.1.2. Formulação matemática	34

3.2.1.3.	Métodos de resolução	34
3.2.2.	Modelo de Simulação de parâmetros de qualidade da água	35
3.2.2.1.	Formulação matemática	35
3.2.2.2.	Métodos de resolução	36
3.2.3.	Calibração de modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água	38
<b>4.</b>	<b>CASO DE ESTUDO</b>	<b>41</b>
4.1.	Introdução	42
4.2.	Localização geográfica da zona de estudo	42
4.3.	Caraterização da zona de estudo	43
4.4.	Simulação de parâmetros de qualidade da água	46
4.4.1.	Idade da água	46
4.4.1.1.	Objetivos e importância do estudo	46
4.4.1.2.	Descrição dos cenários	46
4.4.1.3.	Apresentação e discussão de resultados	46
4.4.2.	Decaimento do cloro residual	51
4.4.2.1.	Objetivos e importância do estudo	51
4.4.2.2.	Descrição dos cenários	52
4.4.2.3.	Apresentação e discussão de resultados	52
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS</b>	<b>69</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>79</b>
	Anexo I – Localização da rede	81
	Anexo II – Caraterísticas das tubagens	82
	Anexo III – Propriedades e idade da água dos nós na hora de menor consumo, idade inicial de “0”	85
	Anexo IV – Propriedades e idade da água dos nós na hora de maior consumo, idade inicial de “0”	88
	Anexo VI – Propriedades e idade da água dos nós na hora de maior consumo, idade inicial de “10”	94
	Anexo VII – Localização dos pontos de amostragem	97
	Anexo VIII – Concentrações estimadas no reservatório e nos pontos de amostragem	98
	Anexo IX – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de menor consumo, concentração inicial de 0,65 mg/L	100

Anexo X – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de maior consumo, concentração inicial de 0,65 mg/L	103
Anexo XI – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de menor consumo, com válvulas 308, 309 e 310 fechadas, e concentração inicial de 0,65 mg/L	106
Anexo XII – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de maior consumo, com válvulas 308, 309 e 310 fechadas, e concentração inicial de 0,65 mg/L	109
Anexo XIII – Concentração de cloro nas tubagens, antes e após a diminuição 25% e 50% do consumo (hora menor consumo)	112
Anexo XIV – Concentração de cloro nas tubagens, antes e após o aumento de 25% e 50% do consumo (hora menor consumo)	118



# Lista de símbolos

---

$C_{0j}$  - concentração da substância no caudal que entra no nó  $i$

$C_{ij}$  - concentração da substância entre o nó  $i$  e o nó  $j$

$D$  - coeficiente de dispersão longitudinal

$K$  - coeficiente de reação

$K_b$  - coeficiente de reação no seio do escoamento

$K_w$  - coeficiente de reação na parede da tubagem

$n$  - número de pisos

$P_{min,requerida}$  - pressão mínima requerida

$q_{0i}$  - caudal externo que entra no nó  $i$  e o nó  $j$

$q_{ij}$  - caudal transportado na tubagem entre o nó  $i$  e o nó  $j$

$t$  - tempo

$V_{ij}$  - velocidade média de escoamento entre o nó  $i$  e o nó  $j$

$x_{ij}$  - distância da tubagem que liga o nó  $i$  ao nó  $j$



# Lista de acrónimos e siglas

---

ARH - Administrações de Região Hidrográfica  
AS - Autoridade de Saúde  
CEE - Comunidade Europeia  
*CEESC - Civil Engineering Software Centre*  
COA - Carbono Orgânico Assimilável  
*CSU - Colorado State University*  
DE - Diretiva Europeia  
DGAV - Direção-Geral da Alimentação e Veterinária  
DGS - Direção-Geral de Saúde  
DL - Decreto-Lei  
DRAP - Direções Regionais de Agricultura e Pescas  
*DVM - Discrete Volume Method*  
EG - Entidades Gestoras  
*EPA - Environmental Protection Agency*  
EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres  
ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos  
ETA - Estações de Tratamento de Água  
IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos  
*IWA - International Water Agency*  
NP - Norma Portuguesa  
*NPDWR - National Primary Drinking Water Regulations*  
ONU - Nações Unidas  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
PEAD - Polietileno de Alta Densidade  
PQCA - Planos de Controlo da Qualidade da Água  
PSA - Planos de Segurança da Água  
PVC - Policloreto de Vinil  
*SDWA - Safe Drinking Water Act*  
SIG - Sistemas de Informação Geográfica  
SMAS - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Leiria

SPDA - Sistema Públicos de Abastecimento de Água

*UCRM 3 - Unregulated Contaminant Monitoring Rule 3*

*UNICEF - United Nations Children's Foundation*

*USEPA - United States Environmental Protection Agency*

ZMC - Zonas de Medição e Controlo

# Lista de figuras

---

Figura 1 – Percentagem de água doce disponível para população mundial por continente (ONU, 2005).....	6
Figura 2 - Percentagem de população mundial com acesso a água tratada (ONU, 2012).....	7
Figura 3 - Percentagem de mortes, por país, devido a doenças associadas à escassez da água potável, higiene e saneamento (ONU, 2012).....	8
Figura 4 - Sistema operacional em sistemas de abastecimento de água.....	10
Figura 5 - Dosagem de cloro à saída de reservatório de distribuição de água (Vidigal, 2008). .....	11
Figura 6 - Evolução da qualidade da água em Portugal entre 1993 e 2013 (ERSAR, 2014) .....	14
Figura 7 - Esquema da relação entre os vários intervenientes num sistema de abastecimento de água.....	18
Figura 8 - Reações do cloro numa tubagem (Vieira <i>et al.</i> ,2002) .....	23
Figura 9 - Análise em Laboratório Central da EPAL (EPAL, 2010). .....	25
Figura 10 - Entidade envolvidas pelo PSA, adaptado (Hilaco, 2012). .....	28
Figura 11 - Representação esquemática do método Langrangiano (Lima, 2009). .....	37
Figura 12 - Representação esquemática do método Euleriano (Lima, 2009).....	38
Figura 13 - Localização geográfica da ZMC da Maceirinha. ....	43
Figura 14 - Padrão de consumo da ZMC da Maceirinha.....	44
Figura 15 - Localização dos pontos de monitorização de pressão. ....	45
Figura 16 - Isolinhas da idade da água durante o período de maior consumo. ....	47
Figura 17 - Isolinhas da idade da água durante o período de menor consumo.....	47
Figura 18 - Localização dos nós analisados (incluindo válvulas de seccionamento).....	48
Figura 19 - Idade da água nos nós 9, 67, 110 e 236, num período de simulação de 96 horas. .....	49
Figura 20 - Ajuste do coeficiente de reação da parede das tubagens $k_w$ , pela aproximação das concentrações de cloro ao longo da rede e obtidas durante a simulação.....	54
Figura 21 - Concentração do cloro ao longo da rede e durante a hora de menor consumo. 55	
Figura 22 - Concentração de cloro ao longo da rede e durante a hora de maior consumo.. 56	

Figura 23 - Concentração de cloro no período de simulação de 96 horas, nos nós 11, 67, 110 e 236. ....	58
Figura 24 - Localização das válvulas de seccionamento nas extremidades das tubagens 83 e 84. ....	59
Figura 25 - Concentração de cloro na hora de maior consumo, com válvulas abertas, à esquerda, e fechadas, à direita. ....	60
Figura 26 - Concentração de cloro na hora de menor consumo, com válvulas abertas, à esquerda, e fechadas, à direita. ....	61
Figura 27 – Variação do padrão de consumo base. ....	63
Figura 28 – Simulações referentes à diminuição do consumo, na hora de menor consumo. ....	64
Figura 29 - Simulações referentes ao aumento do consumo, na hora de menor consumo. .	65

# Lista de quadros

---

Quadro 1 - Número de zonas de abastecimento por entidades gestoras e população servida no distrito de Leiria em 2013 (ERSAR, 2014) .....	16
Quadro 2 - Valores paramétricos consoante controlo de rotina. Adaptado de Decreto-Lei 306/2007 (DR, 2007).....	20
Quadro 3 - Pressões de serviço calculadas e observadas em três zonas distintas da rede...	45



# 1. Introdução

---

## 1.1. Enquadramento ao tema

---

Para o ser humano, a água da natureza, à exceção das águas minerais naturais e de nascente, normalmente não apresenta características apreciáveis de consumo. Desde muito cedo que a civilização humana procurou encontrar métodos eficazes de purificação da água. Na Índia, em 2000 a.C., um físico demonstrou que a purificação da água devia ser efetuada por um processo de fervura por fogo ou por raios solares, mergulhando um metal incandescente, sendo de seguida exposta ao carvão. Outro método seria a filtração da água impura por areias ou gravilha. O conceito de qualidade de água é bastante relativo, consoante a área onde esta substância é utilizada, por exemplo, a água destinada a consumo humano pode não ser adequada à utilização em algumas indústrias, pois as suas exigências diferem e provocam problemas no produto final. Os fatores que trouxeram a preocupação de preservação da qualidade da água, e consequentemente da saúde pública das populações por contaminação da água, ocorreram após duas grandes epidemias de cólera em 1831 e 1848, onde a população junto à margem do rio Tamisa, em Londres, foi afetada e deu-se como provado que a água do rio era a portadora da doença. Desde então, e após o comprovativo dado em 1853, pelo Dr. John Snow, físico londrino, de que a água era a origem da doença, foram estabelecidas políticas para identificação de origens de água seguras. Este foi um passo impulsionador nas políticas da água no país, e desde então exemplo para outros países dos continentes europeu e americano (Smith, 2002).

A garantia de uma água de qualidade é obtida pelos processos de tratamento com objetivo de obter uma água biológica e quimicamente segura para o consumidor. Estes processos incluem também a obtenção de uma água incolor, sem odor e sem sabor, sendo caracterizados pela sua complexidade, alterando significativamente aquela que era a antiga política de tratamento. Atualmente, o avanço tecnológico permite uma melhoria significativa nos processos. Na Europa, a regulação da qualidade da água é levada a cabo pelas entidades gestoras de cada país, regendo-se pela Diretiva Europeia. A legislação europeia referente à qualidade da água e tratamento da água para consumo humano foi a 80/778/CEE, de 15 de julho de 1980, sendo substituída mais tarde pela diretiva 98/83/CE atualmente em vigor. Nos EUA, o *Safe Drinking Water Act* (SDWA), que regula o sector da água nesse país, atribuiu à *Environmental Protection Agency* (EPA) os parâmetros para uma implementação correta e avançada nos sistemas de tratamento da água. Deste modo, os processos e equipamentos

utilizados passaram a ser mais eficazes e surgiram da necessidade de se adequarem às alterações de exigência da legislação.

O acesso a uma água limpa e salubre é um dos direitos humanos básicos definidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Assim, para que este direito seja uma verdade absoluta há que garantir que a água não constitui um perigo aquando do consumo, e que o risco de ocorrência de um problema de saúde pública é inexistente (OMS, 2011). Em termos nacionais, a legislação portuguesa define como água para consumo humano toda aquela que é destinada à ingestão, à confeção e à preparação de alimentos, mas também aquela que é utilizada para outros fins domésticos ou higiene. Na indústria alimentar também a água é considerada para consumo humano.

## **1.2. Objetivos**

---

Neste trabalho espera-se atingir um patamar de aptidão no tema que lhe atribua um papel importante para estudos a realizar pelas entidades do setor, nomeadamente aos SMAS de Leiria, que gerem o sistema. Tem como objetivo principal a análise da qualidade da água ao longo da rede, perante diversas condições distintas para obtenção de resultados que possam servir de base em melhorias de redes com condições semelhantes. Pretende-se também apresentar a modelação da qualidade e os seus métodos de resolução, bem como realizar uma revisão bibliográfica e do estado da arte acerca deste tema, para fácil compreensão da situação que se vive no nosso país e no mundo em geral.

## **1.3. Organização da dissertação**

---

Na primeira parte desta dissertação, referente ao capítulo 2, será abordado o estado de arte em relação a este tema, fazendo-se uma revisão da situação em Portugal e no mundo, bem como uma introdução a todas as temáticas relacionadas com os sistemas públicos de distribuição de água e os organismos que os gerem em Portugal. Deste modo, será previsível obter uma perceção de simples compreensão para o leitor, do modo como está organizado o setor em Portugal e que avanços tecnológicos têm sido levado a cabo nos últimos anos. Serão ainda referenciados alguns dos fatores que influenciam a qualidade, integrando-os na legislação em vigor.

Na segunda parte da dissertação, presente no capítulo 3, aborda-se a temática da modelação da qualidade da água, onde descreverem-se os métodos utilizados para simulação do decaimento de desinfetantes, bem como a construção de modelos, referindo sempre os benefícios associados a este tipo de estudo. De salientar neste capítulo a importância de referir as principais diferenças entre os modelos da qualidade da água e os modelos de simulação hidráulica.

A terceira e última parte desta dissertação, referente à modelação da qualidade da água, terá como principal objetivo estudar os diversos parâmetros de qualidade da água em distintos cenários. No primeiro estuda-se a idade da água pelo tempo que esta demora a percorrer a rede e fatores que a influenciam. No segundo estuda-se o decaimento do desinfetante residual, cloro, e a sua influência consoante as condições presentes na rede, nomeadamente fecho de válvulas e variações de consumo. Em qualquer um destes estudos serão apresentadas possíveis soluções de análises comparativas em relação ao comportamento que deveria ser o ideal no sistema.

## **2. Estado da Arte**

---

## 2.1. Disponibilidade da água no mundo

---

A disponibilidade da água, o bem mais precioso que qualquer ser humano tem ao seu dispor, depende da gestão que todos nós fazemos dela. A escassez de água deve ser tomada em linha de conta, devendo ser feita uma consciencialização e racionalização do bem, para que as gerações futuras possam ver na água um bem durável. Fatores como o uso incorreto pelas indústrias, o desperdício de água na agricultura, o desperdício de águas nas tarefas domésticas e de higiene ou perdas nos sistemas públicos de distribuição de água, influenciam a acessibilidade do recurso água no nosso planeta.

A quantidade de água doce existente na Terra é um fator de preocupação, pois cada vez mais este recurso é escasso, muito devido às alterações climáticas provocadas principalmente pelas ações tomadas pelo Homem. Estima-se que o aquecimento global seja o responsável pelo aumento de 20% da escassez de água no nosso planeta (ONU, 2005). A percentagem de água doce presente na Terra é de 2,53% do total de água, e o restante será água salgada. Aproximadamente 2/3 da água doce encontra-se nos glaciares e nas neves permanentes. A restante água distribui-se pelos continentes, sendo esta a água disponível para consumo doméstico, agrícola e industrial (Figura 1).

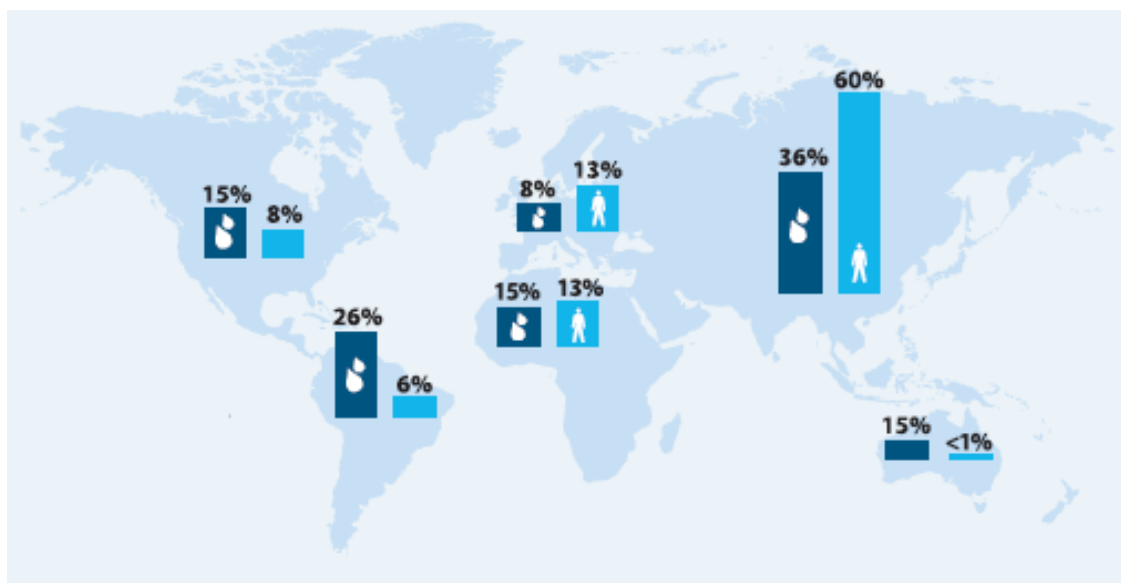


Figura 1 – Percentagem de água doce disponível para população mundial por continente (ONU, 2005).

No nosso planeta existe uma grande disparidade ao nível da distribuição geográfica da água potável (Figura 2), cujo impacto é diferente nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. O acesso à água potável estabelece-se pelas infraestruturas e políticas de utilização de água existentes, sendo considerado essencial para a vida, dignidade e desenvolvimento humano.

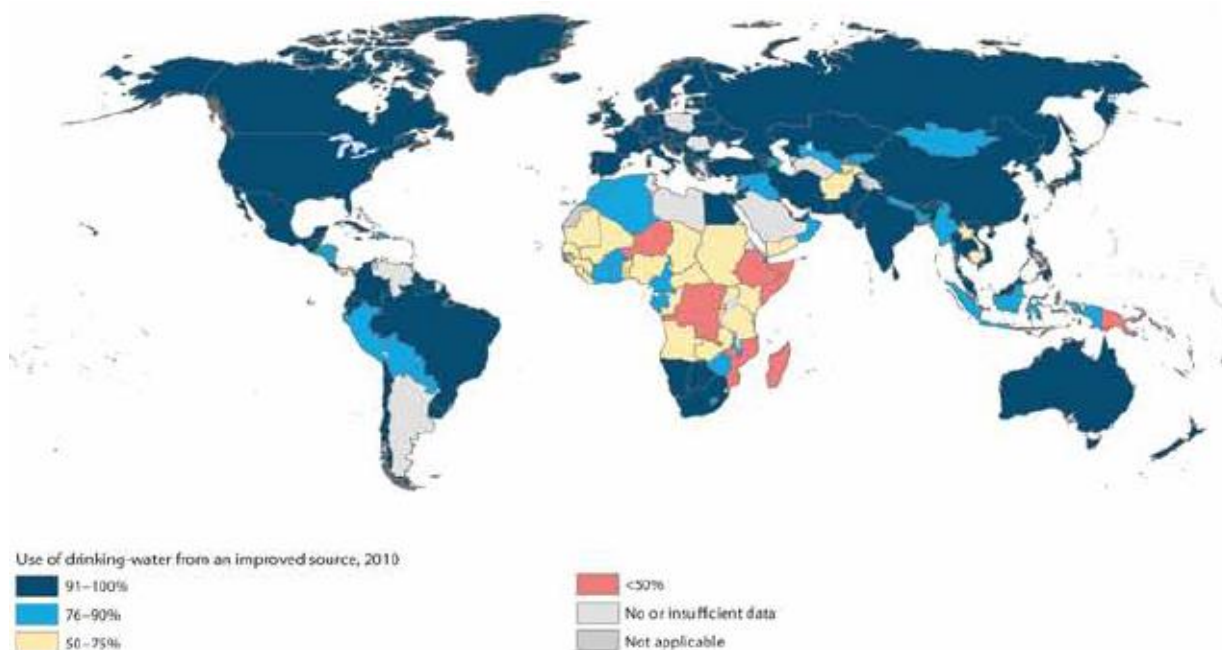


Figura 2 - Percentagem de população mundial com acesso a água tratada (ONU, 2012).

Muitos avanços foram levados a cabo no final do século passado, mas será necessário estender a ajuda aos países de taxa de pobreza elevada, exemplo de alguns países em África, como a Etiópia ou o Quênia, onde os problemas como a má nutrição das crianças e as doenças relacionadas com a qualidade da água, dão o seu contributo para a ocorrência de problemas sociais (ONU, 2005). Nestas zonas a qualidade do meio hídrico é deficiente, tal como a quantidade de recurso disponível. Estes fatores contribuem para um aumento do número de pessoas afetadas e favorecem a propagação de epidemias. As fontes de água contêm, muitas vezes, microrganismos prejudiciais para a saúde pública, e se não forem devidamente tratadas provocam problemas graves (Monteiro, 2010). Em 2012, 760 milhões de pessoas em todo o mundo não tinham acesso a fontes de água potável (UNICEF/OMS, 2012). Promover o acesso a água potável em quantidade e qualidade, não só faz diminuir a taxa de pobreza de um país, como também previne e reduz o aparecimento de doenças como a malária, diarreias infantis, doença dos Legionários (proveniente da *Legionella*), cólera ou febre tifóide (Silva, 2010), conduzindo a uma diminuição da taxa de mortalidade, especialmente a infantil. Em 2005, segundo as Nações Unidas (ONU), mais de 2 milhões de

pessoas em todo o mundo morreram devido a doenças associadas ao consumo de água com má qualidade, falta de saneamento e de higiene (Figura 3) (NU, 2005). As doenças relacionadas com a falta de qualidade da água revelam-se um dos grandes desafios que a OMS tem para os próximos anos. Para a OMS “o acesso a água potável segura é essencial para a saúde, um direito humano e uma componente de política efetiva para a proteção da saúde” (OMS, 2011).

No futuro próximo será essencial continuar a unir esforços, no sentido de aumentar os indicadores relacionados com serviços básicos nos quais se inclui o abastecimento público de água potável e o tratamento de águas residuais (ONU, 2012).

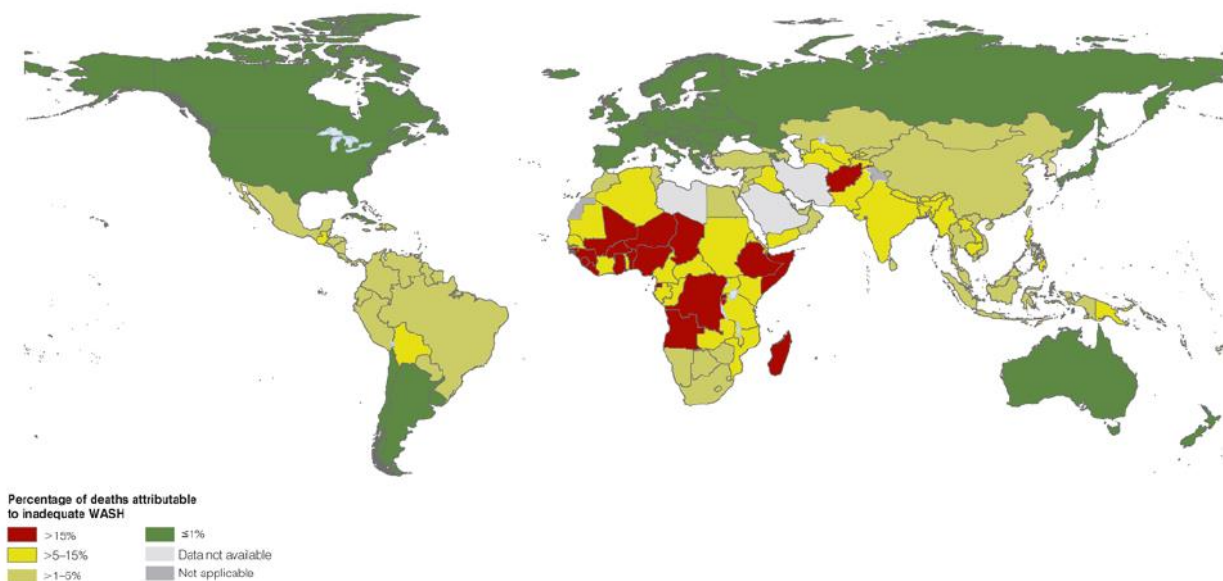


Figura 3 - Percentagem de mortes, por país, devido a doenças associadas à escassez da água potável, higiene e saneamento (ONU, 2012).

O combate deste flagelo está nas mãos dos altos dirigentes de cada nação e na consciência de cada um de nós. Imenso dinheiro será investido para melhorar o acesso aos recursos hídricos, o que poderá provocar desigualdades e, conseqüentemente, atritos entre nações com os mesmos interesses. Além disso, o uso industrializado da água e a forte pressão demográfica poderão levar a que o uso de águas internacionais gere controvérsia devido aos diferentes interesses de cada nação (Rodrigues, 2004), tal como referiu o ex-vice presidente do Banco Mundial, Ismail Seragelden, no final da década de 90 do século passado: “*If the wars of this century were fought over oil, the wars of the next century will be fought over*

*water*” (“Se as guerras deste século foram travadas pelo petróleo, as guerras do próximo século serão travadas pela água”).

## **2.2. Evolução da qualidade de água nos sistemas públicos de abastecimento de água em Portugal**

---

A qualidade da água na torneira, nem sempre foi como a vemos hoje e está relacionada com o conhecimento que se vai adquirindo ao longo do tempo, acerca, por exemplo, do aparecimento de novos contaminantes. No passado, a água que abastecia o consumidor era muito menos focada em termos de análises, não sendo compilada a informação suficiente ao consumidor para que este soubesse que a água da qual usufruía tinha a qualidade suficiente. Com o passar dos anos, e com a existência de um maior cuidado por parte das autoridades responsáveis, a evolução das técnicas de análise e articulação dos meios envolvidos permitem assegurar que a água que consumimos tenha uma elevada qualidade. Este conceito está associado de forma clara ao conceito de saúde pública da população dos grandes núcleos urbanos, pois, todos os dias nas torneiras das nossas casas, usamos a água da rede pública para cozinhar, beber, para a higiene pessoal, etc. Isto transporta-nos para a necessidade do cumprimento de determinado tipo de procedimentos e legislação cada vez mais exigentes.

A criação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), em 1997, pelo Decreto-Lei n.º 230/97, substituído mais tarde pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), revelou-se uma medida impulsionadora, que permitia ter uma instituição que assumisse a responsabilidade dos serviços, no que diz respeito ao abastecimento público de água, regulando assim todas as entidades gestoras do país. A água desde a sua captação, e ao longo dos processos de tratamento, adução, armazenamento e distribuição (Figura 4), sofre alterações físicas e químicas para que se torne água potável, ou seja, água bebível, sem cheiro, sabor ou cor para que a sua ingestão possa ser segura e saudável (DGA, 1998).



Figura 4 - Sistema operacional em sistemas de abastecimento de água.

A captação é efetuada à superfície (albufeiras, rios) e/ou em profundidade (aquíferos), devendo ter-se em conta a sua proteção sanitária, facilidade de acesso, quantidade de água disponível e proximidade do aglomerado populacional a abastecer. A adução destina-se a transportar a água da origem até ao sistema de distribuição, sendo essencial que as estruturas estejam bem projetadas e haja um cuidado especial na sua vigilância e reparação (Sousa, 2001). Os processos de tratamento, nas Estações de Tratamento de Água (ETA), são definidos consoante as características da água captada, com o intuito de retirar da sua composição as substâncias e microrganismos indesejáveis. O processo de tratamento e controlo dos parâmetros da qualidade da água para consumo humano, quer nas ETA, quer ao longo da rede, deve assegurar que a água chega com a qualidade necessária aos pontos de consumo. Estes processos de tratamento variam consoante a origem e a qualidade da água, sendo que normalmente as águas subterrâneas requerem menos tratamento que as águas superficiais. Este facto está relacionado com a variabilidade da qualidade das águas superficiais, pois estas são, principalmente, provenientes de rios ou albufeiras, e caracterizam-se por variações qualitativas consoante a época e o estado de poluição da respetiva bacia hidrográfica. Em seguida mostram-se, resumidamente, as classes da água, consoante a sua qualidade e os processos de tratamento mais adequados a cada uma (IRAR, 2005):

- Água de classe A1 – água de boa qualidade, são propostos, por questões de segurança, tratamento físico, por filtração rápida ou lenta, seguida de desinfecção;
- Água de classe A2 – água com nível de poluição significativo, que necessita de tratamento físico-químico, que pode incluir uma pré-oxidação, uma coagulação/floculação, uma decantação, uma filtração rápida e uma desinfecção;
- Água de classe A3 – água muito poluída, que obriga, para além do tratamento físico-químico, um tratamento de afinação, como por exemplo a utilização de carvão cativado.

O tratamento para as águas subterrâneas apenas inclui o processo de desinfecção, exceção feita às águas subterrâneas consideradas agressivas, com teores de CO<sub>2</sub> livre elevados, onde é efetuada uma estabilização da água (arejamento, leitos de contacto e filtração), ao qual se segue a desinfecção (IRAR, 2005).

Os desinfetantes assumem importância extrema nos processos de tratamento da água para consumo humano, onde se pretende que a água consumida seja salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição para que se atinja o objetivo de eliminar microrganismos nocivos para proteger a saúde humana de eventuais contaminações (Raposo *et al.*, 2011). Os processos de desinfecção existentes podem ir desde os tratamentos físicos por aplicação de radiações UV, até aos químicos que utilizam agentes oxidantes, como o ozono, o dióxido de carbono, o hipoclorito de sódio, o hipoclorito de cálcio e o cloro (IRAR, 2005). O desinfetante comumente utilizado no tratamento de água para consumo humano é o cloro (Figura 5) (Vieira *et al.*, 2002) e deve-se ao facto de apresentar um baixo custo (comparativamente com outros desinfetantes), pela sua facilidade de manuseamento (pois não requer grandes procedimentos de segurança) e pela vasta experiência adquirida na sua utilização no tratamento de água para consumo humano (Lima, 2009). Este elemento terá função de bactericida e clarificante da água, ao não permitir o crescimento de microrganismos prejudiciais à saúde e atribuir à água o seu aspeto característico. Para além dos tratamentos realizados na ETA, alguns parâmetros deverão ser adequados ao longo da rede, caso seja necessário, como são os exemplos dos postos de (re)cloragem, onde, após averiguação de que a zona da rede tem valores paramétricos de cloro abaixo do mínimo recomendado é reforçada a concentração de cloro nesse local (Silva, 2010). Uma vez tratada, a água será posteriormente transportada e armazenada em reservatórios, de onde sairá para ser distribuída ao consumidor.

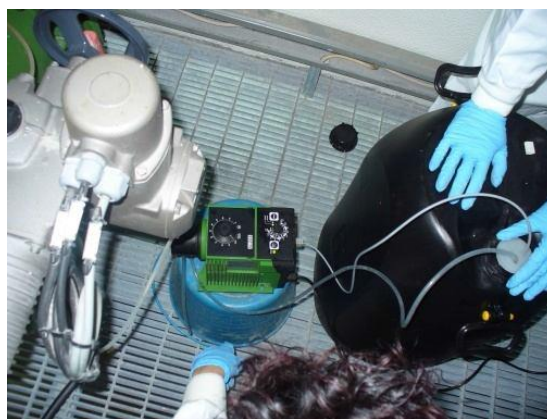


Figura 5 - Dosagem de cloro à saída de reservatório de distribuição de água (Vidigal, 2008).

O método de avaliação mais eficaz para precaver qualquer tipo de inconformidade nos parâmetros de qualidade são as análises. Desde muito cedo se procederam a análises de água dos sistemas portugueses. No final do século XIX, o artigo 14.º do Decreto de 28 de setembro de 1899, instituído por Ricardo Jorge, referia que estaria previsto criar uma rede distrital de laboratórios para análises. Essa medida não foi posta em prática, aparecendo apenas em 1903 o Instituto Central de Higiene, em Lisboa, e no Porto em 1954. O instituto de Lisboa era um dos menos dotados e mais pequenos da Europa, como se comprovava pela existência de apenas dois técnicos e quatro preparadores que realizavam as análises da água e alimentos, não se realizando ainda as análises bacteriológicas por falta de meios. Até 1968, não existiram meios suficientes para garantir a fiscalização da qualidade das águas com a regularidade e abrangência territorial necessárias, passando a partir dessa altura as responsabilidades a ser distribuídas entre os serviços da Direção-Geral de Saúde (DGS) e as câmaras municipais, no exercício da fiscalização sanitária das águas (ERSAR, 2011). No início da década de 90 do século XX, foi iniciada em Portugal a compilação dos resultados da análise dos parâmetros referentes à qualidade de água nos sistemas públicos de distribuição, por parte da entidade reguladora. Os relatórios anuais que se iniciaram em 1993, apesar de em 1991 existirem registos de controlos de conformidade, tinham como objetivo resumir num único documento a situação em Portugal Continental relativamente ao grau de cumprimento da legislação em vigor (DGA, 1998). Este facto revelou-se importante, pois tornou-se um ponto de partida para que a qualidade da água pudesse melhorar cada vez mais com o passar dos anos, e, por outro lado, permitir que as entidades gestoras pudessem aprender com os erros e omissões. Nos primeiros anos de análises, os relatórios não possuíam a informação suficiente para caracterizar a situação real do país, devido à não existência de controlos em todos os concelhos e de existirem zonas de abastecimento com redes que não foram integradas nas análises por causa da sua reduzida dimensão. A evolução foi gradual, aumentando essa informação de ano para ano, como é exemplo da evolução ocorrida entre 1991 (6.942.454 habitantes servidos) e 1997 (8.617.154 habitantes servidos) (DGA, 1998). A partir de 1997, o número de concelhos com informação acerca da qualidade da água passou a ser praticamente de 100%, à exceção da Região Autónoma dos Açores, onde, só a partir de 1999, começaram a ser efetuadas análises da qualidade da água, mas só a partir do ano de 2005, os concelhos do arquipélago dos Açores passaram a ter a totalidade da informação acerca das análises, apenas variando de ano para ano a falta de informação num concelho. Neste caso, a falta de informação devia-se ao atraso na entrega dos resultados à entidade reguladora (ERSAR, 2006; ERSAR, 2011). No que se refere à Região Autónoma

da Madeira, em 2002, todos os concelhos possuíam resultados acerca da qualidade da água para consumo humano (IRAR, 2004).

Os sistemas de distribuição de água com menos de 5.000 habitantes, localizam-se mais no interior do país, sendo nestes casos as situações onde existe maior número de análises em falta e com mais assimetrias, em relação a outras zonas. A evolução segue a tendência dos restantes parâmetros, evoluindo consoante a atuação das EG. Nos sistemas de grande dimensão, com mais de 5.000 habitantes, a água é mais e melhor controlada diferenciando-se dos sistemas de pequena dimensão em termos da qualidade da sua água (ERSAR, 2011; ERSAR, 2012). Os processos de desinfeção e controlo da qualidade da água são mais frequentes nos maiores sistemas, cumprindo-se assim melhor as exigências legais, nos concelhos maiores e mais desenvolvidos. Ao longo do tempo, foi possível verificar quais os incumprimentos mais frequentes ao nível da qualidade da água, tais como os parâmetros referentes ao pH da água, o ferro, bactérias coliformes, *Escherichia Coli*, *Enterococos*, mas que, em quantidades pouco elevadas, não constituem perigo para a saúde pública. Recentemente, tem havido um esforço no sentido de incentivar as entidades gestoras a identificar novos contaminantes que possam, de alguma forma, afetar a qualidade da água na rede pública de abastecimento e conseqüentemente, a saúde pública (ERSAR, 2011; ERSAR, 2012). Neste contexto, cada entidade gestora deve desenvolver programas de controlo operacional para prevenção de problemas de qualidade de água.

Desde 1993, tem-se assistido a uma melhoria progressiva da qualidade da água nos sistemas públicos de distribuição em Portugal, sendo que, atualmente, a percentagem de água controlada e de boa qualidade é próxima dos 100% (ver Figura 6).

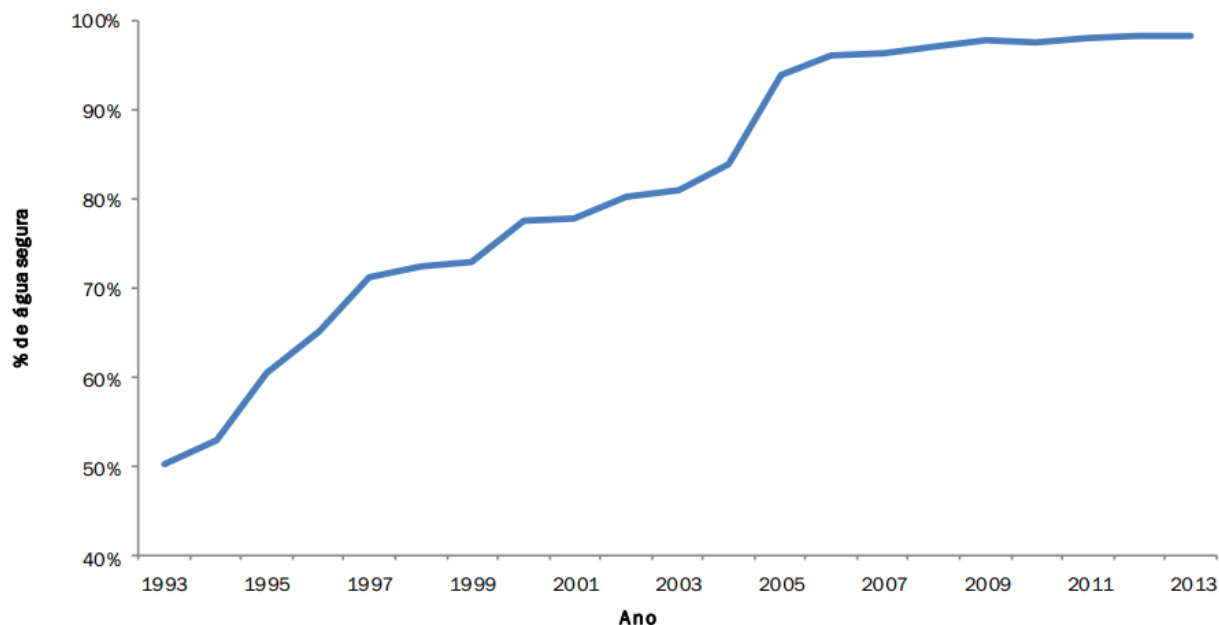


Figura 6 - Evolução da qualidade da água em Portugal entre 1993 e 2013 (ERSAR, 2014)

Podemos verificar que a qualidade da água sofreu uma enorme evolução no espaço de 20 anos. Esta tendência mantém-se desde 1993, sendo este um grande progresso para o setor das águas em Portugal, equiparando-se assim o nosso país a outros países da Europa Ocidental (ERSAR, 2012; ERSAR, 2014). Por exemplo, em 2011 a água segura foi de 97,75%, e nos dois anos antecedentes foi de 97,75% e 97,38%, respetivamente em 2010 e 2009, alterando-se em 2012 para 98,20% e, atualmente, no relatório de 2014, referente ao consumo no ano de 2013, nos 98,18% (ERSAR, 2014). Em 2013, para o relatório referente a 2012, a ERSAR atribuiu os selos de “Qualidade exemplar da água para consumo humano”, onde se evidenciam as entidades prestadoras de serviços de abastecimento público de água que tenham assegurado uma qualidade exemplar da água para consumo humano, notabilizando as entidades que garantissem 98,2% de água segura, sendo verificado, entre outros aspetos, o cumprimento de todos os critérios previstos no regulamento. Num conjunto de 74 entidades gestoras, incluem-se o SMAS de Leiria, que poderão beneficiar deste mérito pela atribuição de um certificado que poderá ser usado nas diversas ações onde esta se inserir.

Apesar dos bons resultados obtidos nos últimos anos, ainda assim existem parâmetros de qualidade da água que precisam de ser melhorados, e que estão relacionados com os processos de desinfecção e com os procedimentos adotados pelas entidades gestoras na vertente em alta e em baixa (ERSAR, 2012). Atualmente, a percentagem de água segura na

vertente em alta está situada nos 99%, mas os parâmetros analisados dos sistemas em baixa contêm ainda problemas que precisam ser corrigidos, sendo necessário monitorizar os valores dos desinfetantes residuais da água, mostrar maior eficiência nos processos de limpeza e higienização de tubagens e reservatórios, e ainda, implementar sistemas de correção do pH da água.

O Quadro 1 referencia o sistema de abastecimento do distrito de Leiria no ano de 2013. A gestão dos sistemas é efetuada pelas entidades gestoras, que nestes casos variam em todos os concelhos, sendo em alguns casos tutela da Câmara Municipal e noutros por parte de entidades privadas. As zonas de abastecimento podem ser de grande ou pequena dimensão e definem-se por água que apresenta diferentes características consoante a mistura de diferentes fontes ou características distintas. A dimensão das zonas de abastecimento de água varia consoante o volume de água ou população abastecida, sendo as de grande dimensão redes que abastecem mais de 1.000 m<sup>3</sup>, por dia, ou mais de 5.000 pessoas, e as de pequena dimensão aquelas em que o volume de água por dia é inferior a 1.000 m<sup>3</sup> ou menos de 5.000 pessoas.

<b>Concelho</b>	<b>Entidade Gestora</b>	<b>N.º de zonas de abastecimento</b>	<b>População abastecida</b>
<b>Alcobaça</b>	S.M. Alcobaça	8	63 738
<b>Alvaiázere</b>	Águas do Centro	2	7 283
<b>Ansião</b>	Câmara Municipal de Ansião	4	13 100
<b>Batalha</b>	Águas do Lena	4	15 837
<b>Bombarral</b>	Câmara Municipal do Bombarral	3	13 265
<b>Caldas da Rainha</b>	S.M.A.S. Caldas de Rainha	10	52 678
<b>Castanheira de Pêra</b>	Câmara Municipal de Castanheira de Pêra	18	3 156
<b>Figueiró dos Vinhos</b>	Câmara Municipal de Figueiró dos Vinhos	9	6 361
<b>Leiria</b>	S.M.A.S. de Leiria	14	131 180
<b>Marinha Grande</b>	Câmara Municipal da Marinha Grande	6	40 166
<b>Nazaré</b>	S.M. Nazaré	5	23 401
<b>Óbidos</b>	Câmara Municipal de Óbidos	6	17 242
<b>Pedrógão Grande</b>	Câmara Municipal de Pedrógão Grande	1	3 920
<b>Peniche</b>	S.M.A.S. Peniche	2	27 630
<b>Pombal</b>	Câmara Municipal de Pombal	20	58 663
<b>Porto de Mós</b>	Câmara Municipal de Porto de Mós	8	24 342

Quadro 1 - Número de zonas de abastecimento por entidades gestoras e população servida no distrito de Leiria em 2013 (ERSAR, 2014)

## **2.3. Relação entre Entidades e Autoridade de Saúde**

O setor da água em Portugal apresenta uma hierarquia de intervenientes, cujo objetivo é garantir a função para a qual foram criados. Nos sistemas públicos de distribuição de água, a responsabilidade máxima deste setor fica a cargo da entidade reguladora, que em Portugal

é a ERSAR, que “visa defender os direitos dos consumidores utentes dos sistemas multimunicipais e municipais, por um lado, e assegurar a sustentabilidade económica destes, por outro”. A regulação tem como objetivo a proteção dos interesses dos utilizadores, garantia de tarifários socialmente aceitáveis, com princípios essenciais nos quais se encaixa a indispensabilidade, equidade, fiabilidade, isenção, competência, imparcialidade e de custo-eficácia (ERSAR, 2013).

A ERSAR é responsável pela promoção da qualidade de serviço, por analisar e disponibilizar ao público toda a informação entregue por câmaras municipais, serviços municipalizados, empresas municipais e os sistemas concessionados multimunicipais e municipais de água de abastecimento público, que são designados como as Entidades Gestoras (EG). As EG devem disponibilizar água devidamente controlada, em qualidade e quantidade que satisfaça as necessidades básicas da população na sua área geográfica de influência. Assim, as EG devem garantir ainda que a água para consumo humano seja salubre, limpa e equilibrada, na ausência de microrganismos, parasitas ou substâncias indesejáveis potencialmente perigosas para a saúde humana (DR, 2007). Estas entidades gestoras dividem-se em sistemas na vertente em alta e em baixa (ERSAR, 2012). As entidades em alta, segundo o Decreto-Lei 379/93, de 5 de novembro, são os agentes responsáveis pela prestação dos serviços a montante da distribuição de água (Raposo *et al.*, 2011), ou seja, têm a função de captar, tratar e vender a água tratada às entidades em baixa. Este facto não implica que as entidades em baixa não tenham as suas próprias captações de água, ao invés de comprarem água concessionada. O objetivo das EG em baixa foca-se na distribuição, desde o reservatório até aos respetivos ramais de ligação (Figura 7). Segundo dados referentes a 2013, foram 15 as entidades em alta, responsáveis pela totalidade ou parcialidade de fornecimento de água às entidades em baixa de 196 concelhos (ERSAR, 2014). Após passar por todos os processos referidos, o consumidor poderá utilizar a água para diversos fins, sabendo à partida que esta é segura. Em suma, a relação entre cada interveniente no plano da água, garante a todos, mas principalmente ao consumidor, a segurança no ato de utilização da água.

O papel da Autoridade de Saúde (AS) é garantir que a saúde pública da população não é afetada. Esta organização está presente em todo o país, com representação nos diversos municípios pela Direção-Geral de Saúde (DGS), visando sempre uma articulação eficaz com a ERSAR em caso de irregularidades. Para além disso, todas as EG devem dar conhecimento das suas atividades à AS e ERSAR (DR, 2007).

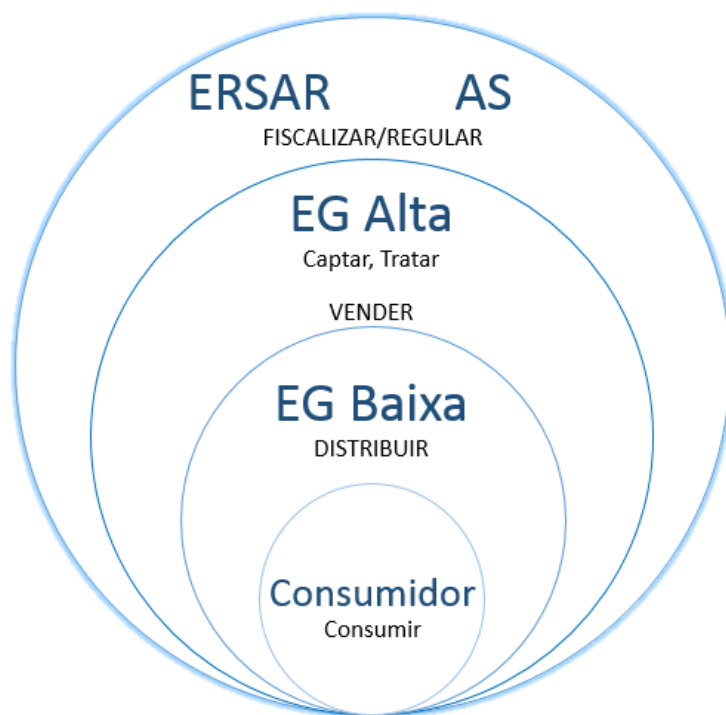


Figura 7 - Esquema da relação entre os vários intervenientes num sistema de abastecimento de água.

## 2.4. Revisão da Legislação Portuguesa

---

Ao longo dos anos, o aparecimento da entidade reguladora revelou-se um dos mais importantes fatores para prestar um serviço de boa qualidade ao consumidor, reportando os resultados e efetuando ações de *benchmarking*, levando a que as entidades gestoras tivessem uma melhoria, no que diz respeito à fiscalização e regulação. Deste modo, as entidades passaram a dispor de um maior apoio por parte da ERSAR, devido ao aumento da publicação de recomendações.

O primeiro regulamento existente foi a Norma Portuguesa n.º 836/1971 (NP) referente ao abastecimento de água de aglomerados populacionais, origens e captação de água. Posteriormente, surge o Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de março, que definia o regime de bens do domínio público hídrico da água do Estado. De seguida surgiu o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de março, que continha as normas da qualidade da água, com a finalidade de proteger, preservar e melhorar a água em função dos seus usos, nomeadamente, água para consumo humano entre outros. A este, seguiu-se o Decreto-Lei n.º 236/98, 1 de agosto, que transcreve duas diretivas europeias, n.º 75/440/CEE e 79/869/CEE, para o direito nacional totalmente focadas na água para o consumo humano. Mais tarde, o Decreto-Lei n.º 243/2001, 5 de

setembro, adicionou informação relevante, no que diz respeito à qualidade de água destinada ao consumo humano. No entanto, alguns parâmetros precisavam de ser revistos:

- Necessidade de proceder à definição de uma abordagem mais racionalizada para as zonas de abastecimento com volumes médios diários inferiores a 100 m<sup>3</sup>;
- Necessidade de acrescer a garantia da desinfeção como processo de tratamento para a redução da ainda elevada percentagem de incumprimentos dos parâmetros microbiológicos.

A revisão do Decreto-Lei n.º243/2001 sustenta que existe uma necessidade de introdução de novos parâmetros específicos, tendo em conta diversas zonas do país que apresentam ainda águas com elevada dureza ou agressividade, de aparecimento de florescências e cianobactérias. Todos os parâmetros tidos em linha de conta vieram melhorar a qualidade de água, proteger a saúde pública, assegurar que a água a utilizar é limpa, sem sabor, cheiro e equilibrada na sua composição química.

O Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, atualmente em vigor, mostra o que é necessário cumprir e quais os princípios a tomar para garantir a qualidade do abastecimento à população (DR, 2007). A importância deste decreto resume-se à introdução de normas e conceitos que serviram de base à entidade reguladora para verificação e análise dos sistemas públicos de distribuição de água, bem como os Planos de Controlo da Qualidade da Água (PCQA), proveniente do DL n.º 236/1998, a dispor pelas EG, para além das regras de fiscalização e procedimentos em casos de incumprimento.

A execução dos PCQA, pelas EG e a sua aprovação pela ERSAR, visam garantir o cumprimento dos valores paramétricos do DL n.º 306/2007 (Quadro 2), consoante as suas características. Estes controlos, chamados de rotina, avaliam os parâmetros presentes na água consoante o volume de água que abastece uma determinada zona, indicando ainda o número de amostras a realizar por ano.

Tipo de Controlo	Parâmetro	Valor Paramétrico	Unidade	N.º de amostras por ano
Controlo de rotina 1	<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	0	N/100 ml ou N/250 ml	6
	Bactérias coliformes	0	N/100 ml	12/5000 hab
	Cloro residual	0,2 – 0,6	mg/l Cl	
Controlo de rotina 2	Alumínio	200	µg/l Al	2
	Amónio	0,5	mg/l NH <sub>4</sub>	
	Número de colónias a 22°C	100	N/ml a 22°C	
	Número de colónias a 37°C	20	N/ml a 37°C	4
	Condutividade	2500	µS/cm a 20°C	
	<i>Clostridium perfringens</i> , incluindo esporos	0	N/100 ml	4+3 por cada 1000 m <sup>3</sup> /dia + 3 por fração de remanescente do volume total
	Cor	20	mg/l PtCo	
	pH	≥ 6,5 e ≤ 9	unidades de pH	
	Ferro	200	µg/l Fe	
	Manganês	50	µg/l Mn	
	Nitratos	50	mg/l NO <sub>3</sub>	
	Nitritos	0,5	mg/l NO <sub>2</sub>	
	Oxidabilidade	5	mg/l O <sub>3</sub>	
	Cheiro a 25°C	3	Fator de diluição	
	Sabor a 25°C	3	Fator de diluição	
Turvação	4	UNT	1+1 por cada 3300 m <sup>3</sup> /dia + 1 por fração de remanescente do volume total	
Controlo de inspeção	Antimónio	0,1		µg/l Sb
	Arsénio	10		µg/l As
	Benzeno	1		µg/l
	Benzo(a)pireno	0,01		µg/l
	Boro	1		µg/l B
	Bromatos	10		µg/l BrO <sub>2</sub>
	Cádmio	5		µg/l Cd
	Cálcio	100		mg/l Ca
	Chumbo	10		µg/l Pb
	Cianetos	50		µg/l Cn
	Cobre	2		µg/l Cu
	Crómio	50		µg/l Cr
	1,2-dicloroetano	3		µg/l
	Dureza total	150 - 500		mg/l CaCO <sub>3</sub>
	<i>Enterococos</i>	0	N/100 ml	
Fluoretos	1,5	mg/l F		
Magnésio	50	mg/l Mg		
Mercúrio	1	µg/l Hg		
Níquel	20	mg/l Ni		
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP)	0,1	µg/l		
Pesticidas individual	0,1	µg/l		
Pesticidas (total)	0,5	µg/l		
Selénio	10	µg/l Se		
Cloretos	250	mg/l Cl		
Tetracloroetenos e tricloroetano	10	µg/l		
Trihalometanos	100	µg/l		
Sódio	200	mg/l Na		
Carbono orgânico total	Sem alteração anormal	mg/l C		
Sulfatos	250	mg/l SO <sub>4</sub>		
Cloreto de vinilo	0,5	mg/l		
Epicloridrina	0,1	µg/l		
Acrilamida	0,1	µg/l		

Quadro 2 - Valores paramétricos consoante controlo de rotina. Adaptado de Decreto-Lei 306/2007 (DR, 2007).

No DL n.º 306/2007, existem ainda algumas lacunas que resultam da interpretação do mesmo. Posto isto, fazendo uma análise crítica do mesmo, pode concluir-se que:

- Não é abordado o seccionamento de partes da rede que, por qualquer motivo, não necessitem de abastecimento e estejam em carga, ou seja, locais da rede onde existem tubagens com água em repouso durante longos períodos de tempo e onde não existiria necessidade de estarem em funcionamento, prejudicando a qualidade da água;
- Existe uma diferença das características entre as pequenas e as grandes redes de abastecimento. No panorama atual, as grandes redes de abastecimento têm maior incidência por parte das EG, necessitando as pequenas redes de uma gestão mais específica e diferente da efetuada em grandes redes, tendo em conta diversas condições que estas necessitam e permitindo uma melhoria dos resultados nas zonas rurais, geralmente mais remotas, assegurando assim mais informação disponível para o público sobre a qualidade da água (CE, 2014);
- Poderá ser necessário adaptar a lista de parâmetros e valores paramétricos, de acordo com os riscos criados pelos poluentes emergentes, nomeadamente produtos utilizados na agricultura e indústria, onde se incluem também os produtos farmacêuticos (CE, 2014).

## **2.5. Fatores responsáveis pela degradação da qualidade da água**

---

Desde a fase de tratamento, nas ETA, a qualidade da água ao longo da rede de abastecimento público está sujeita a fatores de risco. Deste modo, os modelos de conceção, monitorização e gestão de sistemas públicos de distribuição de água têm referenciado quais os principais agentes detetáveis neste processo de degradação da qualidade da água, através de análises de conformidade de valores paramétricos obtidos em análises. As análises exigidas no PCQA são efetuadas na torneira do consumidor, ou seja, a água já se apresenta sob influência dos possíveis fatores de risco.

A correta conceção de sistemas, incorporando a modelação da qualidade da água, permite uma melhoria efetiva do desempenho dos sistemas (Lima, 2009). A execução dos modelos de qualidade da água tem a capacidade de prever os problemas decorrentes da degradação da qualidade da água, devido às características físicas das tubagens, como a

corrosão, deterioração, sedimentação, entre outros, através de uma otimização e gestão do sistema em causa.

Atualmente, estão perfeitamente identificados alguns fatores relacionados com a degradação da qualidade da água nos sistemas públicos de distribuição de água:

- A qualidade da água na origem, principalmente devido à poluição proveniente de águas residuais;
- O deficiente e inadequado tratamento das águas para consumo, ou mesmo devido a defeitos nas próprias ETA;
- O incorreto dimensionamento dos sistemas, nomeadamente quando é tomado em conta o caudal de incêndio, incluindo caudais muito superiores ao necessário para o consumidor;
- A adequabilidade dos materiais, influenciando assim as propriedades das tubagens, como a rugosidade, corrosão, sedimentação, idade, entre outros;
- Possibilidade de misturas de águas de diferentes origens;
- Possibilidade de ocorrência de contaminação das águas através de injeção no sistema de distribuição de qualquer tipo de contaminante, influenciando as suas características físicas, químicas ou biológicas;
- Pouca manutenção de reservatórios pode levar ao aparecimento de uma contaminação vinda da área envolvente;
- Decaimento do cloro, ou seja, diminuição da quantidade de desinfetante na água, o que pode ser sinal de existência de contaminante. Para além disso, os desinfetantes são produtos que estão muito expostos a reações químicas que ocorrem no seio da água, mas também com o próprio material da tubagem. A partir do momento em que entram no sistema reagem (Figura 8) (Walski *et al.*, 2002):
  - Com o ferro, proveniente da degradação da tubagem por corrosão;
  - Com as partículas em suspensão;
  - Com sedimentos presentes no fundo da tubagem;
  - Com o biofilme.

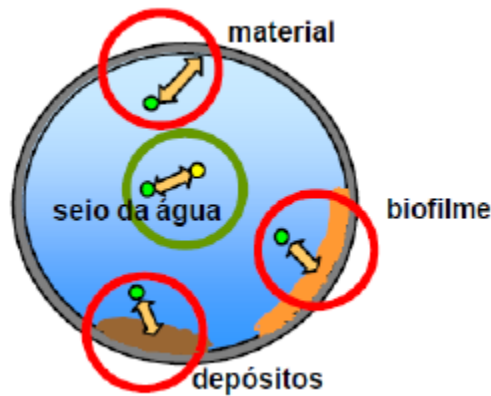


Figura 8 - Reações do cloro numa tubagem (Vieira *et al.*,2002)

## 2.6. Novos contaminantes da água

O Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, apresenta a lista de parâmetros que têm de ser analisados, bem como os seus valores limite para que se possa ter uma água segura. Deste modo, é apresentada uma lista de parâmetros a controlar na água para consumo doméstico, bem como para outro tipo de utilizações, como em fontanários, indústria alimentar ou água engarrafada com fins comerciais. Os parâmetros analisados são do tipo microbiológico, químico e indicador, e os seus valores paramétricos nunca deverão ser ultrapassados. Caso isso aconteça, devem ser imediatamente reportados às entidades competentes para o efeito, como a ERSAR e/ou a AS.

No nosso país, os parâmetros legislados são tratados de forma distinta em relação a outros países, diferenciando-se alguns parâmetros, que em Portugal não necessitam ser analisados, mas noutros locais são obrigatórios. A razão para que isto aconteça, reside principalmente no modo como é feita a captação da água e quais os perigos existentes na região. Por exemplo, existem características na água que são comuns e devem mesmo ser analisadas, como a cor, o cheiro, o sabor, o pH, entre outros. A legislação dos países europeus segue a Diretiva Europeia (DE) no que diz respeito às substâncias contaminantes da qualidade da água, através da Decisão n.º 2455/2001/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de novembro de 2001, que altera a Diretiva 2000/60/CE, estabelecendo a lista de substâncias prioritárias no domínio da política da água. Esta diretiva tem como principal objetivo, desde a sua primeira versão em 1976, instrumentalizar a luta comunitária contra as fontes pontuais e difusas de emissão de substâncias perigosas (CE, 2001). A lista

de substâncias para análise, apenas se refere às substâncias de análise prioritária, sendo atribuída por cada país, uma lista de parâmetros suplementar, se necessário. Por exemplo, os pesticidas a analisar por parte das entidades gestoras em Portugal, tal como refere o artigo 12.º do DL n.º 306/2007, são fixados no ano anterior ao ano referente, pela Direção-Geral da Alimentação e Veterinária (DGAV), e definem os períodos de pesquisa mais adequados, articulando-se com outras entidades competentes como as ARH (Administrações de Região Hidrográfica), as Direções Regionais de Agricultura e Pescas (DRAP) e com a autoridade competente, consoante a região do país (Veterinária, 2014).

A contaminação da água nos sistemas é realizada por um leque de agentes conhecidos e analisados pelas EG. No nosso país, a procura de novas fontes de contaminação de água ainda não é um assunto muito tratado, sendo pioneiras algumas formas de deteção de novos contaminantes do sistema. Em Portugal, a EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres), encarregue pela gestão do sistema de captação, tratamento, transporte e abastecimento da água na região da Grande Lisboa, elabora todos os anos o relatório da qualidade da água para consumo humano, onde foca sempre o desenvolvimento de novos métodos de ensaio (EPAL, 2006). Esta entidade tem o seu próprio laboratório de análises (Figura 9), onde qualquer outra entidade poderá realizar os seus ensaios, e até analisar amostras de água provenientes do estrangeiro. Desde o relatório da EPAL, em 2006, que os novos contaminantes estudados estão referenciados (EPAL, 2006; EPAL, 2007). Dentro destes novos desenvolvimentos mais relevantes (EPAL 2006; EPAL, 2007; EPAL, 2010), temos o controlo de:

- Contaminantes orgânicos:

- Pelo menos 15 variedades de pesticidas;
- 9 Ácidos haloacéticos, subprodutos da desinfeção com cloro;
- Microcistininas (RR, YR e LR), provenientes das cianobactérias, através de vários métodos;
- Desreguladores endócrinos (Estríol, Bisfenol A, Progesterona, etc.), que provocam problemas hormonais ao ser humano;
- Nonifenóis e Nonifenóis etoxilatos, provenientes do processo de produção industrial dos detergentes;
- Bisfenol A, utilizado na produção de garrafas de água de plástico e outros produtos de plástico variados, provocando problemas hormonais, cancro da mama, desregulação do sistema produtor, etc.;
- 27 Fármacos.

- Contaminantes Microbiológicos:

- *Klebsiella spp.* e *Shigella spp.*;
- Adenosina trifosfato (ATP), desenvolvido entre 2007 e 2009.

No futuro próximo, as análises dos novos parâmetros irão incidir principalmente em conhecer melhor cada parâmetro, aperfeiçoando a tecnologia dos equipamentos e o conhecimento de cada técnico especializado.



Figura 9 - Análise em Laboratório Central da EPAL (EPAL, 2010).

Em relação aos parâmetros estudados, e comparativamente, a União Europeia e os EUA apresentam diferenças. Os EUA apresentam maior número de parâmetros a analisar do que a União Europeia, muito por causa da vasta área que este país apresenta. Os EUA apresentam uma lista de 85 parâmetros legislados para análise (EPA, 2009), enquanto a diretiva europeia apenas apresenta 33 parâmetros, que servem de base para aplicação das EG de cada país.

Nos EUA existe a preocupação de estudar as novas formas de contaminação na água, tal como em Portugal, de modo a que se controlem os contaminantes de difícil identificação ou quantificação, emergentes nos últimos anos. Deste modo, a EPA definiu a terceira ação do *Unregulated Contaminant Monitoring Rule 3* (UCMR 3) que decorre entre 2013 e 2015, e que inclui a monitorização de 30 novos contaminantes (28 químicos e 2 vírus) (EPA, 2012). Em seguida, segue a lista destes e a sua utilização em termos práticos:

- Compostos orgânicos voláteis (utilizados em materiais sintéticos de acabamentos de casas, como é o caso dos aditivos de pintura, vernizes, solventes de tintas, papeis de parede, carpetes e produtos de limpeza seca):

- 1, 2, 3-tricloropropano;
- 1, 3-butadieno;
- Clorometano (cloreto de metilo);
- 1, 1-dicloroetano;
- Bromometano (brometo de metilo);
- Clorodifluorometano (HCFC-22);
- Bromoclorometano (Halon 1011).

- Compostos orgânicos sintéticos (são utilizados por vernizes, cosméticos, lacas, produtos de limpeza ou componentes para polir madeiras):

- 1, 4-dioxano.

- Metais (principalmente presentes nos alimentos, outros em pigmentos de fotografia, medicamentos e noutros casos na radiologia):

- Vanádio;
- Molibdênio;
- Cobalto;
- Estrôncio;
- Crómio;
- Crómio-6.

- Oxiânion:

- Clorato (utilizado como pirotécnico e em laboratórios);

- Compostos perfluorados (provenientes de impermeabilizações de tecidos, papéis e embalagens de alimentos):

- Ácido perfluoro-octano;
- Ácido perfluoro-octanoico;
- Ácido perfluoro-onanoico;
- Ácido perfluoro-hexanosulfanoico;
- Ácido perfluoro-heptanoico;
- Ácido perfluoro-butanossulfanoico;

- Hormonas:

- 17-  $\beta$ -estradiol;

- 17- $\alpha$ -etinilestradiol (etinil estradiol);
- 16- $\alpha$ -hidroxiestradiol (estriol);
- Equilina;
- Estrona;
- Testosterona;
- 4-androsteno-3, 17- dione.

- Vírus:

- Enterovírus, provenientes de alimentos, provocam diarreias, gastroenterites, entre outros;
- Norovírus, proveniente de alimentos, provocam diarreias, entre outros.

## 2.7. Planos de Segurança da Água

---

Segundo a Águas de Portugal, “a forma mais eficaz de garantir sistematicamente a segurança de um sistema de abastecimento de água para consumo humano consiste numa metodologia integrada de avaliação e gestão de riscos que englobe todas as etapas do abastecimento de água, desde a captação até ao consumidor”, pelos Planos de Segurança da Água (PSA) (Portugal, 2011). Em termos internacionais é comum a necessidade de definir abordagens de gestão preventiva para garantia de qualidade da água (Simas, 2009). Desde 2005, a ERSAR tem encorajado a implementação dos PSA, em Portugal, desenvolvida voluntariamente pelas EG seguindo os princípios recomendados pela OMS e da *International Water Association* (IWA) (Hilaco, 2012).

O objetivo do PSA é promover a proteção da saúde pública, orientando e recomendando os organismos que regulam a atividade nesses setores. Deste modo, as metodologias implementadas ajudaram no avanço da proteção da saúde pública. Os PSA trazem garantias de segurança preventivas, em todas as componentes do sistema de abastecimento, da origem até ao consumidor final, incorporando metodologias de identificação de potenciais perigos, avaliação e gestão de riscos e práticas corretas de manipulação dos sistemas públicos de distribuição de água (Hilaco, 2012). Estão envolvidos na implementação de medidas e políticas de abastecimento seguro à população, os seguintes organismos (Figura 10):

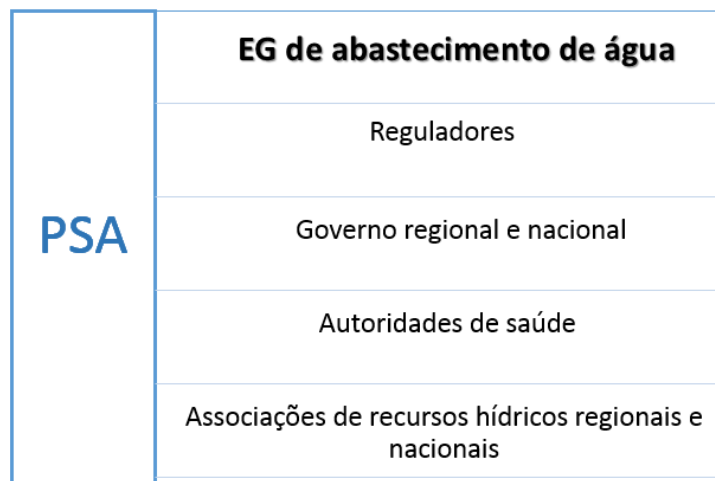


Figura 10 - Entidade envolvidas pelo PSA, adaptado (Hilaco, 2012).

Nos PSA, existem sempre entraves e benefícios inerentes à sua realização (Hilaco, 2012). Como dificuldades, poderão existir problemas aquando da recolha dos dados (falta de informação), escolha errada das metodologias a aplicar na avaliação e gestão de riscos, comunicação entre as diversas partes envolvidas na elaboração, falta de recursos financeiros e humanos e o facto de alguns processos de tratamento a utilizar serem insuficientes para garantir o fornecimento de água segura. Os benefícios da realização do PSA são: uma redução dos incumprimentos dos valores paramétricos estabelecidos na legislação, aumento da quantidade de água com qualidade, conhecimento aprofundado acerca dos possíveis perigos presentes ao longo do sistema, aumento da eficácia e eficiência dos sistemas de abastecimento, intervenção mais eficaz em planos de emergência e aumento da confiança dos consumidores.

A elaboração do PSA compõe-se pelas seguintes fases (Portugal, 2011):

- Constituição de equipa e metodologia de execução do PSA;
- Identificação de todos os potenciais perigos inerentes ao sistema de distribuição, em todas as suas fases;
- Avaliação de riscos de cada perigo;
- Identificação de medidas de controlo existentes para cada risco;
- Validação da eficácia dos controlos;
- Implementação de um plano de melhoria se necessário;
- Demonstração da manutenção da segurança do sistema;
- Revisão periódica dos potenciais perigos, riscos e controlos;

- Manutenção de resultados fidedignos, oferecendo clareza e confiança aos consumidores.



### **3. Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água em sistemas públicos de distribuição de água**

---

## 3.1. Introdução

---

Os modelos matemáticos de simulação hidráulica são ferramentas que permitem analisar e prever o comportamento hidráulico do sistema em estudo, tendo por base as características físicas da rede, condições de operação e padrões de consumo. Em Portugal, os primeiros modelos de simulação hidráulica surgiram na década de 80, e estavam mais vocacionados para o meio académico, passando mais tarde a estar ao dispor das EG. A dificuldade de operação destes *softwares* era um dos grandes entraves ao seu uso, pois eram necessários recursos humanos especializados e com conhecimentos de programação computacional. Na mesma década, foi desenvolvido por Don Wood (Universidade do Kentucky) e investigadores da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), o primeiro estudo relacionado com a simulação de parâmetros de qualidade da água (Walski *et al.*, 2002).

Atualmente os modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água são ferramentas de apoio à decisão de extrema importância numa EG (sobretudo de grande dimensão). Entre os vários estudos possíveis destacam-se os seguintes (EPA, 2000; Academies, 2006):

- Desenvolver planos de investimento de curto, médio e longo prazo;
- Modelar diferentes cenários de funcionamento do sistema e definir os planos de ação mais eficazes;
- Analisar a evolução dos parâmetros de qualidade da água ao longo da rede de distribuição e ao longo do dia;
- Determinar o comprimento da rede com água proveniente de uma determinada origem ou foco de contaminação;
- Identificar as zonas da rede mais vulneráveis à ocorrência de focos de contaminação;
- Identificar as zonas da rede onde deverão ser realizadas as recolhas das amostras para análises da qualidade da água;
- Desenvolver planos de (re)cloragem;
- Treinar os operadores, no que se refere à sensibilidade ao comportamento hidráulico do sistema.

## **3.2. Desenvolvimento de modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água**

---

### **3.2.1. Modelo de simulação hidráulica**

---

#### **3.2.1.1. Representação esquemática da rede**

---

Os sistemas públicos de distribuição de água contêm vários componentes interligados que dependem uns dos outros, entre os quais, as tubagens e acessórios, reservatórios, grupos elevatórios e válvulas. O cadastro da rede é uma das informações mais importantes, quando se pretende analisar o comportamento hidráulico e de parâmetros de qualidade da água em redes de distribuição de água. O cadastro implica ter o conhecimento das características físicas da rede e de parâmetros que possam ser medidos diretamente na rede.

Os modelos de simulação hidráulica podem incluir toda a rede ou representar apenas parte do sistema com maior relevância para o estudo que se pretende realizar. Entre os vários modelos de simulação hidráulica, os que suportam a simulação de parâmetros de qualidade da água são os que exigem maior grau de pormenorização, já que a simplificação destes modelos está geralmente associada à eliminação de ramais de ligação, eliminação de tubagens de diâmetro reduzido (por exemplo, tubagens de extremidade onde se verificam os maiores problemas relacionados com a qualidade da água), modelação conjunta de elementos dispostos em série ou em paralelo, modelação conjunta de nós que se encontrem relativamente próximos e distribuição dos consumos pelos nós do modelo em função de áreas de influência e/ou densidade de ramais. Pelas razões apresentadas, deve ser dada especial atenção à construção de modelos de simulação hidráulica, que posteriormente serão usados na análise de parâmetros de qualidade da água.

### **3.2.1.2. Formulação matemática**

---

Os modelos de simulação hidráulica têm como objetivo aproximar, tanto quanto possível, os valores obtidos durante a simulação hidráulica com os mesmos valores observados em campo. Estes modelos podem ser classificados em dois grupos: modelos de simulação estática e modelos de simulação dinâmica. Enquanto os modelos de simulação estática permitem analisar o comportamento hidráulico para um dado instante, em regime permanente, os modelos de simulação dinâmica permitem avaliar o comportamento das variáveis de estado (caudal e pressão) ao longo do tempo (Gomes, 2011). Nos modelos matemáticos de simulação hidráulica há que estabelecer as condições de equilíbrio hidráulico, baseadas em duas leis fundamentais da mecânica de fluídos, a lei de conservação da massa e a lei da energia. As três formulações matemáticas que permitem descrever o comportamento hidráulico, são as seguintes (Sousa e Alfeu, 2013):

- Formulação das equações dos nós – Nesta formulação o sistema de equações baseia-se na aplicação da lei da conservação da massa em cada nó de junção e as incógnitas correspondem às cotas piezométricas em cada nó.
- Formulação das equações das malhas – Esta formulação é baseada nas equações que resultam da aplicação da lei da energia a cada malha e as incógnitas são as correções de caudal a aplicar aos troços que constituem cada malha. Nesta formulação é necessário atribuir uma distribuição de caudais inicial que verifique o princípio da continuidade nos nós.
- Formulação das equações dos troços – Esta formulação consiste em estabelecer as equações da continuidade nos nós de junção e da lei da energia nas malhas, considerando como incógnita os caudais em cada tubagem, escrevendo uma equação de continuidade no nó de junção e uma equação de conservação da energia por cada malha natural e imaginária do sistema de distribuição.

### **3.2.1.3. Métodos de resolução**

---

Para resolver os sistemas de equações não lineares apresentados anteriormente, são utilizados métodos numéricos iterativos (em que os valores das incógnitas são inicializados e posteriormente corrigidos até atingirem os valores corretos) (Sousa, 2001; Sousa e Alfeu, 2013):

- Método de Newton-Raphson (para formulação das equações dos nós) – Este método permite a resolução de equações não-lineares, através de um processo iterativo no qual as equações não-lineares são transformadas em equações lineares.
- Método de Hardy-Cross (para formulação das equações das malhas) – Em cada iteração é resolvida uma equação de cada vez, antes de se prosseguir para a seguinte, em vez de se resolver o sistema de equações simultaneamente. Admite-se que em cada iteração são conhecidas temporariamente todas as correções de caudal das malhas adjacentes à malha para a qual está a ser resolvida a equação da lei da energia. Este procedimento é repetido até que a convergência seja obtida, dentro da tolerância pré-definida.
- Método da Teoria Linear (para formulação das equações dos troços) – Pode ser utilizado na resolução de qualquer dos sistemas de equações que traduzem as condições de equilíbrio hidráulico (troços, nós ou malhas). Baseia-se na resolução de sistemas por linearização das equações da lei da energia.

### 3.2.2. Modelo de Simulação de parâmetros de qualidade da água

---

Nos modelos de simulação de parâmetros de qualidade da água assume-se que o movimento da água é unidirecional, existe mistura completa e instantânea nos nós e é desprezada a mistura longitudinal ao longo do sentido do escoamento (Sousa e Alfeu, 2013).

#### 3.2.2.1. Formulação matemática

---

A modelação matemática dos parâmetros relacionados com a qualidade da água em redes públicas de distribuição de água é efetuada por três processos (LNEC e IRAR, 2006). O primeiro diz respeito ao movimento da água nas tubagens, chamado de transporte por advecção ao longo das tubagens, e consiste no transporte da substância dissolvida ao longo da rede com velocidade média de escoamento constante, onde esta estará sujeita a uma determinada taxa de reação, de crescimento ou decaimento, consoante a substância que se está a analisar. Esta é dada pela equação (1).

$$\frac{\partial C_{ij}(x_{ij}, t)}{\partial t} + V_{ij} \times \frac{\partial C_{ij}(x_{ij}, t)}{\partial x_{ij}} + D \times \frac{\partial^2 C_{ij}(x_{ij}, t)}{\partial^2 x_{ij}} + K \times C_{ij}(x_{ij}, t) = 0$$

(1)

onde,  $C_{ij}(x_{ij}, t)$  = concentração do parâmetro modelado no troço ligado entre o nó  $i$  e o nó  $j$ ;  $x_{ij}$  = distância ao longo da tubagem que liga os nós  $i$  e  $j$ ;  $t$  = tempo;  $V_{ij}$  = velocidade média de escoamento entre os nós  $i$  e  $j$ ;  $K$  = coeficiente de reação de primeira ordem, em função da concentração do parâmetro modelado; e  $D$  = coeficiente de dispersão longitudinal. Desprezando o efeito da dispersão longitudinal temos a equação (2):

$$\frac{\partial C_{ij}(x_{ij}, t)}{\partial t} + V_{ij} \times \frac{\partial C_{ij}(x_{ij}, t)}{\partial x_{ij}} + K \times C_{ij}(x_{ij}, t) = 0 \quad (2)$$

O segundo processo diz respeito ao efeito conjunto da transformação de uma substância não-conservativa quando esta está em contato com a água que circula no sistema, tornando possível considerar as reações da substância com ela própria, e com outras substâncias presentes ou mesmo com a tubagem e com os seus componentes, como é caso do biofilme, sedimentos ou partículas em suspensão. Deste modo, a substância pode sofrer decaimento, incremento ou até transformar-se em subprodutos de desinfecção.

O terceiro processo diz respeito à mistura completa e instantânea da água nos nós de junção (para os casos em que as substâncias estão dissolvidas na água que circula no sistema), resultando na equação (3) (Sousa *et al.*, 2013).

$$C_{ij}(0, t) = \frac{\sum q_{ij} \times C_{ji} + q_{0i} \times C_{0i}}{\sum q_i + q_{0i}} \quad (3)$$

onde,  $C_{ij}(0, t)$  = concentração inicial do parâmetro na tubagem que liga o nó  $i$  ao nó  $j$ ;  $q_{ij}$  = caudal transportado na tubagem que liga os nós  $i$  e  $j$ ;  $C_{ji}$  = concentração do parâmetro na tubagem que liga o nó  $j$  ao nó  $i$ ;  $q_{0i}$  = caudal externo que entra no nó  $i$ ; e  $C_{0i}$  = concentração da substância no caudal que entra no nó  $i$ .

### 3.2.2.2. Métodos de resolução

---

Os métodos de resolução para o estudo de parâmetros de qualidade da água baseiam-se no sentido e velocidade de escoamento dentro das tubagens, em intervalos de tempo estendidos, chamados de passos de tempo hidráulico. Estes estão subdivididos em espaços de tempo menores chamados de passo de cálculo da qualidade, onde se analisa o transporte e calcula as reações da substância. Os passos de cálculo são considerados deste modo, pois assim pode-se obter informação mais detalhada da qualidade da água ao longo da rede e em intervalos de tempo mais curtos.

O método Lagrangiano aplicado às mudanças da qualidade da água nos sistemas públicos de distribuição de água foi desenvolvido por Hart *et al.*, em 1986, e por Liou e Kroon, em 1987. (Figura 11). Este método utiliza uma técnica de fluxo em êmbolo, com caudais de concentração homogênea. Assim que a concentração altera na origem são iniciados novos êmbolos. Caso se misturem dois fluxos num nó origina-se novamente um êmbolo. A concentração no êmbolo vai-se transformando, ao longo da tubagem com a respetiva lei da transformação.

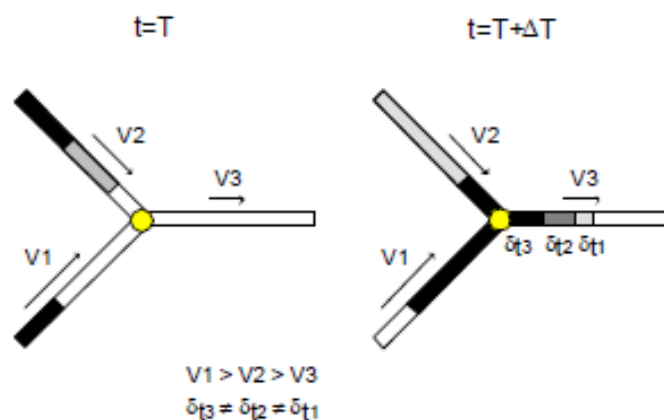


Figura 11 - Representação esquemática do método Lagrangiano (Lima, 2009).

O método Euleriano permite ao observador, num local fixo da rede, observar o percurso da água ao longo da rede. Este método foi desenvolvido por Grayman, Clark e Males em 1988, e adaptado ao estudo da qualidade da água, por Rossman, Boulos e Altman em 1993, dando o nome de “*Discrete Volume Method*” (Alegre *et al.*, 2009). Neste método, cada tubagem é dividida em vários troços com igual comprimento, onde os volumes de água sofrem as reações (Figura 12). Em cada passo de cálculo, dá-se a reação da substância dentro de cada segmento, passando apenas esse volume para o segmento a jusante no final deste cálculo. Quando o segmento seguinte é uma junção, é adicionado ao caudal e à massa, o caudal e a massa proveniente de outras tubagens também ligadas a esse nó. Após o passo de cálculo, existirá uma nova concentração que será libertada no primeiro segmento de tubagem com o caudal que deixa o nó (Rossman e Boulos, 1996).

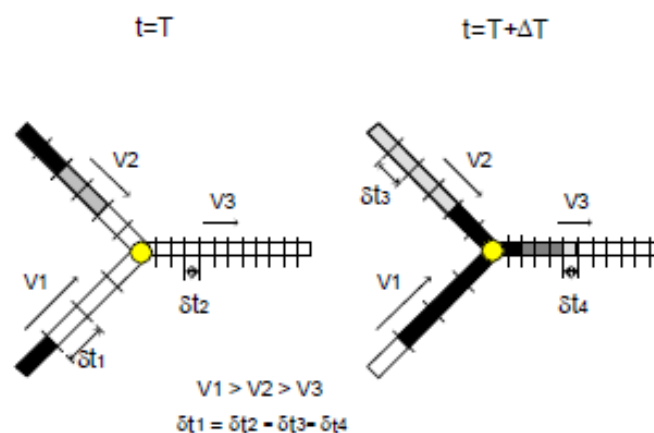


Figura 12 - Representação esquemática do método Euleriano (Lima, 2009).

A análise comparativa entre os dois métodos, efetuada por Rossman e Boulos, em 1996, concluiu que o método Langrangiano é o mais adequado quando se pretende simular o transporte de componentes químicos e modelação da idade da água (Walski *et al.*, 2002).

### 3.2.3. Calibração de modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água

A calibração dos modelos de simulação hidráulica, e de parâmetros de qualidade da água, também é tida como uma importante etapa na construção destes modelos. A calibração dos modelos é desenvolvida para reproduzir o comportamento de um sistema existente, ou de um sistema hidráulico que se pretende vir a construir (Alves, 2012). Este facto deve-se à

alteração das condições de funcionamento da rede, que não se mantêm constantes ao longo do tempo, devido à degradação da infraestrutura e variações do tipo e padrão de consumo. Os métodos usados para calibração dos modelos de simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade da água podem ser (Walski *et al.*, 2002):

- Modelos de procedimento iterativo: São baseados em procedimentos de tentativa e erro onde os parâmetros desconhecidos são atualizados a cada passo de cálculo, com recurso a equações analíticas para ajuste dos parâmetros do modelo;
- Modelos explícitos: Os componentes de cálculo do equilíbrio hidráulico da rede são obtidos através da resolução analítica do sistema de equações não lineares. Deste modo, é necessário que o número de pressões ou caudais seja igual ao número de parâmetros desconhecidos;
- Modelos implícitos: Consiste na utilização de uma função objetivo, onde esta será minimizada de forma implícita (problemas de otimização). Deste modo, determinam-se os erros (ou variáveis desconhecidas) através da comparação entre os valores calculados e medidos na rede. Este método tem a particularidade de permitir ajustar mais do que um parâmetro desconhecido, em simultâneo.

O processo de calibração de um modelo de simulação de parâmetros de qualidade da água pode ser descrito da seguinte forma (Pinto, 2010):

1. Definir o modelo de simulação hidráulica mais adequado;
2. Estimativa inicial dos parâmetros do modelo de simulação hidráulica que se pretendem calibrar (tais como, o coeficiente de rugosidade e a distribuição espacial dos consumos), tendo presente a incerteza associada a cada um desses parâmetros;
3. Análise e comparação dos valores calculados e observados;
4. Avaliação da precisão do modelo de simulação hidráulica, face aos valores que foram estimados inicialmente, e eventuais erros grosseiros da modelação dos vários componentes físicos da rede e distribuição espacial dos consumos (macro calibração);
5. Análise da sensibilidade do modelo, consoante a variação dos parâmetros de calibração, avaliando qual destes terá maior impacto nos resultados finais do modelo;
6. Ajusta dos parâmetros do modelo de simulação hidráulica (coeficientes de rugosidade e, se necessário, distribuição espacial dos consumos);
7. Calibração dos parâmetros do modelo de simulação de qualidade da água (coeficientes de reação), mediante a análise e comparação dos valores calculados e observados.



## **4. Caso de estudo**

---

## 4.1. Introdução

---

Tendo por base o modelo de simulação hidráulica, desenvolvido anteriormente para a Zona de Medição e Controlo da Maceirinha (Agostinho, 2012), neste capítulo são analisados alguns parâmetros de qualidade da água, com auxílio do *software EPANET*. Os cenários a estudar dizem respeito à idade da água e ao decaimento do cloro ao longo da rede. O atual modelo de simulação hidráulica não se encontra calibrado, servindo apenas para testar diferentes cenários hipotéticos.

A utilização do *EPANET* para execução da simulação dos parâmetros da qualidade da água aconteceu devido ao facto da simulação hidráulica já realizada ter sido desenvolvida no mesmo, da sua facilidade de utilização, por ser gratuito e por possuir alguma experiência neste *software*.

## 4.2. Localização geográfica da zona de estudo

---

A Zona de Medição e Controlo (ZMC) da Maceirinha localiza-se no concelho de Leiria, freguesia de Maceira (Figura 13 e Anexo I). O reservatório à entrada do sistema abastece graviticamente as populações de Vale Salgueiro e Costa de Baixo (coordenadas Datum 73-Hayford-Gauss-IPCC: N 443,1216; E-64926,4303).

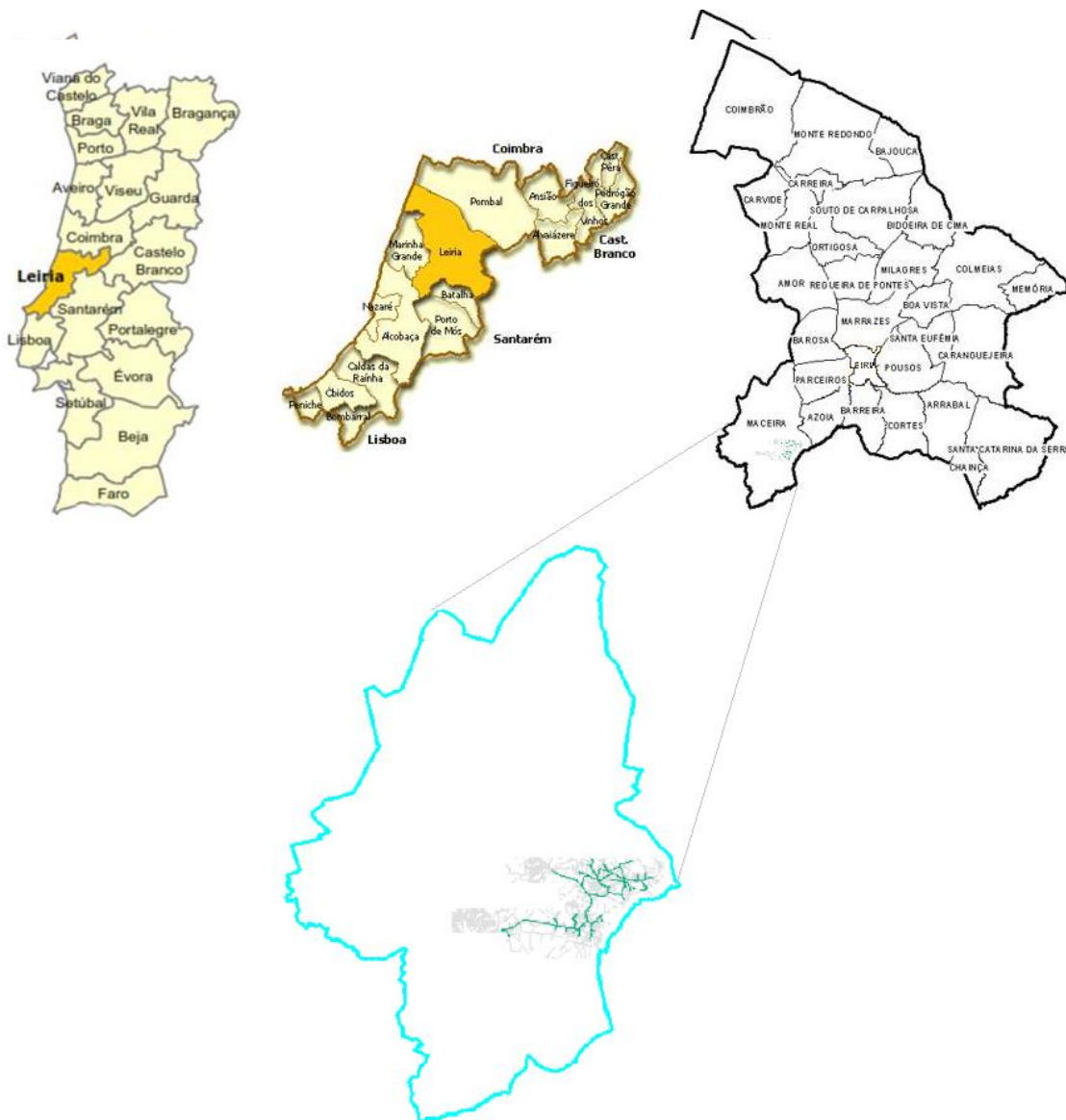


Figura 13 - Localização geográfica da ZMC da Maceirinha.

### 4.3. Caracterização da zona de estudo

A ZMC da Maceirinha abastece graviticamente uma zona rural da freguesia de Maceira (Leiria), cujo caudal médio diário à entrada do sistema é de  $186 \text{ m}^3/\text{dia}$ . A população flutuante é praticamente inexistente e a rede abrange uma área de 183 hectares, tem uma extensão de aproximadamente 13 km (constituída por tubagens de PVC, com diâmetros que variam entre os 63 e 125 mm), as cotas topográficas variam entre 79,5 e 155 metros (cota do reservatório de nível fixo) e existem 340 ramais de ligação.

Em termos de componentes do sistema, existe um reservatório à entrada do sistema (com nível de água praticamente constante ao longo do dia), 240 nós, 186 troços, 20 válvulas

de seccionamento e 4 malhas. No Anexo II estão presentes todas as características das tubagens, em termos de comprimento, diâmetro e rugosidade. No que diz respeito aos consumos, estes são caracterizados pelo seguinte padrão (ver Figura 14):

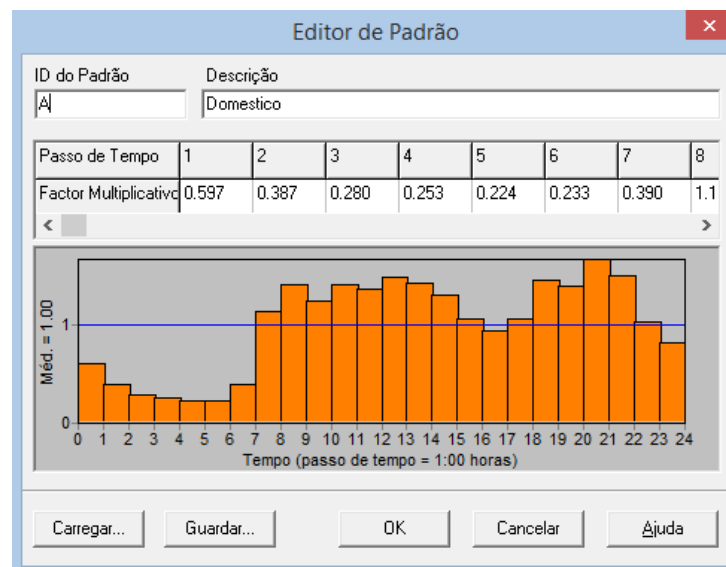


Figura 14 - Padrão de consumo da ZMC da Maceirinha.

Em termos de cálculo, a rede foi simulada para as seguintes condições:

- Período de simulação: 96 horas (4 dias);
- Passo de cálculo hidráulico: 1 hora;
- Lei de resistência: Hazen-Williams.

A pressão mínima foi retirada na hora de maior consumo, 20 horas, verificada no nó 40, com valor de 23,74 m c.a.. A partir desta pressão mínima pode-se determinar o número de pisos que se podem abastecer, como se verifica na equação (4):

$$P_{\min,requerida} = 100 + 40 \times n \quad (=) \quad (4)$$

$$(\Rightarrow) n = \frac{237,4 - 100}{40} \quad (=)$$

$$(\Rightarrow) n = 3,44 \cong 3 \text{ pisos}$$

onde  $n$  é o número de pisos;

Em termos de pressão máxima, esta ocorre na hora de menor consumo, no nó 157, com valor de 73,47 m c.a..

A Figura 15 representa a localização de 3 zonas da rede, nas quais foram realizadas medições em campo.

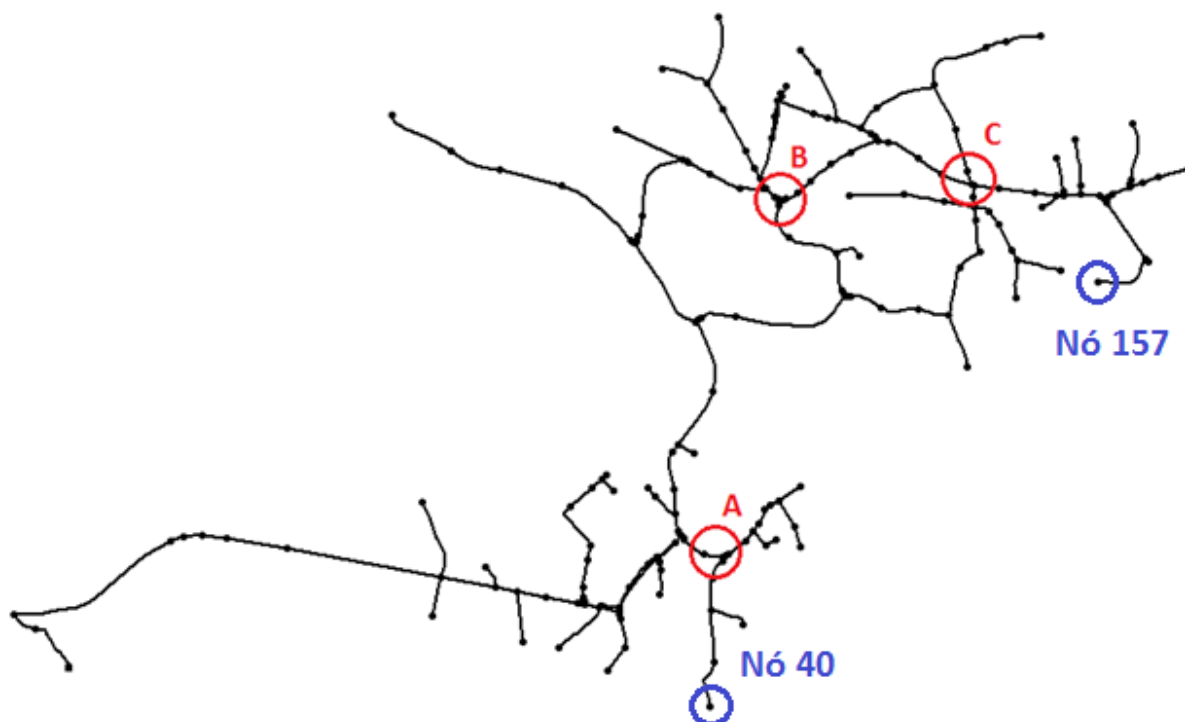


Figura 15 - Localização dos pontos de monitorização de pressão.

Em seguida segue um quadro comparativo entre os valores retirados da simulação e os valores obtidos no terreno:

Pressões de serviço (m c.a.)				
Zonas	Máxima		Mínima	
	Terreno	Simulação	Terreno	Simulação
A	27,00	29,24	25,29	27,28
B	42,70	41,52	36,80	35,32
C	47,57	43,97	41,54	37,59

Quadro 3 - Pressões de serviço calculadas e observadas em três zonas distintas da rede.

Ao comparar as pressões de serviço calculadas e observadas em três zonas distintas da rede (Figura 15 e Quadro 3), verifica-se que essa diferença não é significativa (< 4 m c.a.), no entanto, outros cenários deveriam ser testados com o objetivo de ajustar os parâmetros desconhecidos no modelo de simulação hidráulica.

## 4.4. Simulação de parâmetros de qualidade da água

---

### 4.4.1. Idade da água

---

#### 4.4.1.1. Objetivos e importância do estudo

---

Este estudo permite conhecer o percurso da água ao longo da rede, perceber a influência que o tempo de percurso da água tem nas suas características e identificar as zonas de rede onde a água terá menor qualidade.

#### 4.4.1.2. Descrição dos cenários

---

- **Cenário 1:** Considerar a idade da água à entrada do sistema igual a “0” horas, ou seja, água tratada antes de ser introduzida no sistema;
- **Cenário 2:** Considerar a idade da água à entrada do sistema igual a “10” horas, ou seja, a água permanece no reservatório durante 10 horas antes de ser introduzida no sistema.

#### 4.4.1.3. Apresentação e discussão de resultados

---

##### **Cenário 1:**

No cenário 1 considerou-se um período de simulação de 96 horas (4 dias) e uma idade da água no reservatório igual a “0” horas. As Figuras 16 e 17 mostram, respetivamente, o comportamento hidráulico durante as horas de maior e menor consumo. Os valores da idade da água e pressão para todos os nós da rede poderão ser consultados nos Anexos III e IV.

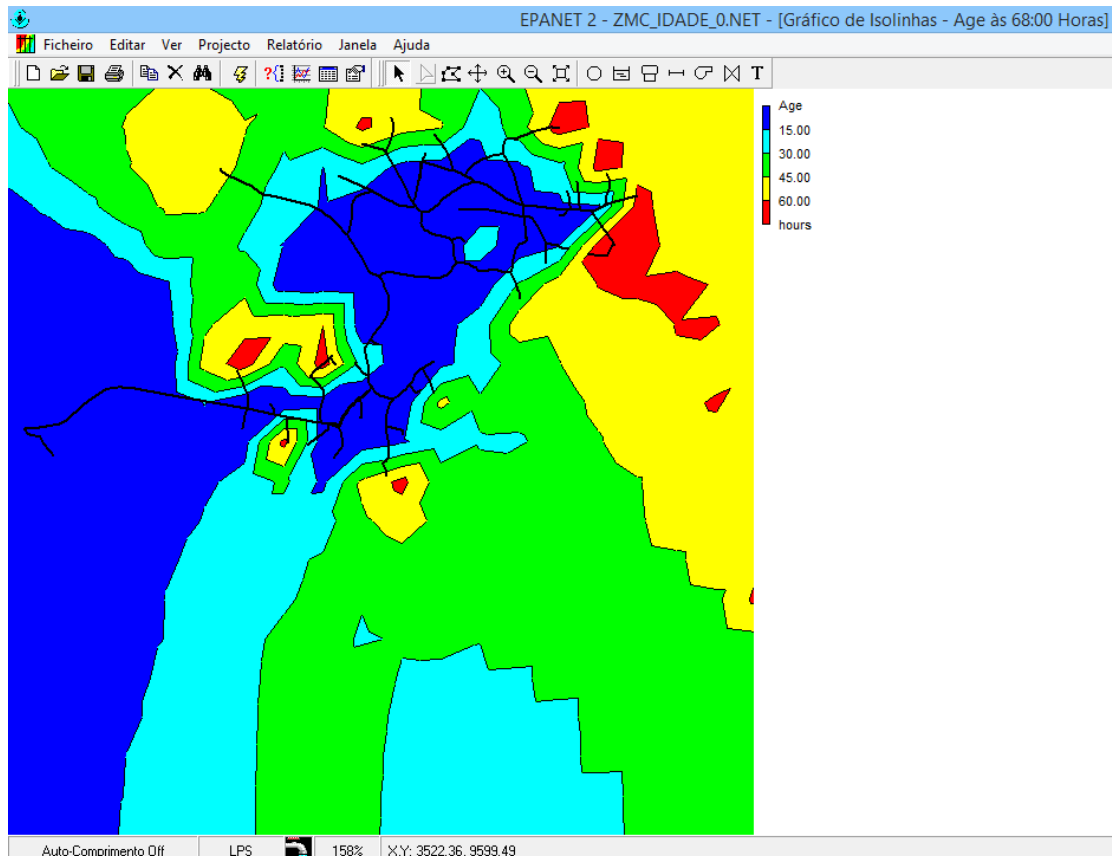


Figura 16 - Isolinhas da idade da água durante o período de maior consumo.

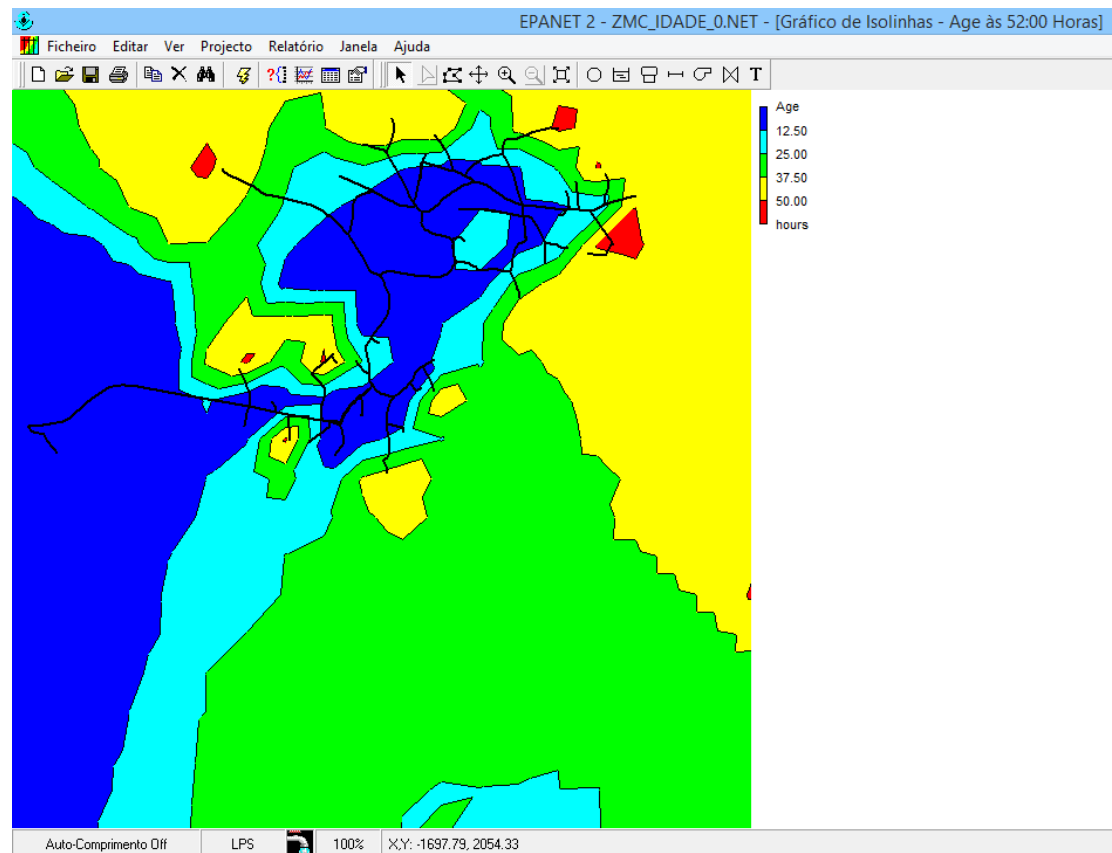


Figura 17 - Isolinhas da idade da água durante o período de menor consumo.

Ao analisar as Figuras 16 e 17, que representam a idade da água em horas distintas do dia (período diurno e noturno, respetivamente) através de isolinhas, verifica-se que o comportamento é semelhante e depende do padrão de consumo. Durante a noite, o consumo diminui, havendo diminuição de idade da água neste período (quando as velocidades também baixam). No período diurno, a situação é inversa, o consumo aumenta, aumentando também a idade da água, consequência da velocidade de escoamento ser superior. Nas tubagens ramificadas de extremidade, onde se verificam geralmente baixos consumos, é onde se verificam os piores indicadores de qualidade da água, em alguns casos com valores máximos.

De seguida, foi realizada uma análise individual em cinco zonas da rede (nós 9, 11, 67, 110 e 236), justificando-se a sua escolha pela localização face ao reservatório localizado à entrada do sistema (ver Figura 18).

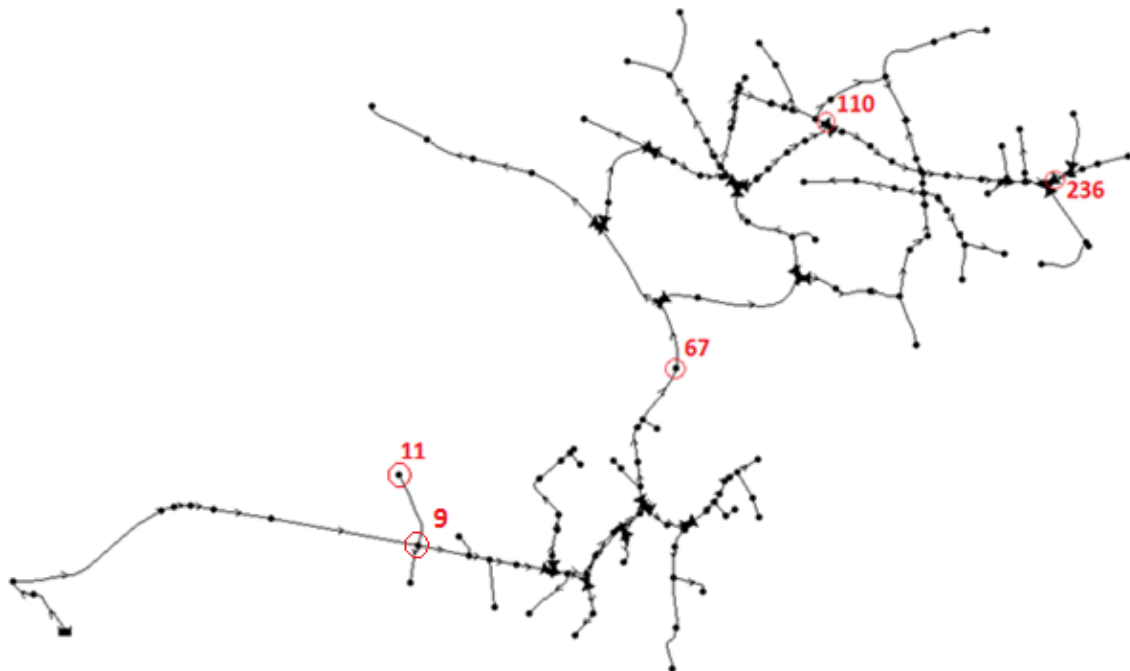


Figura 18 - Localização dos nós analisados (incluindo válvulas de seccionamento).

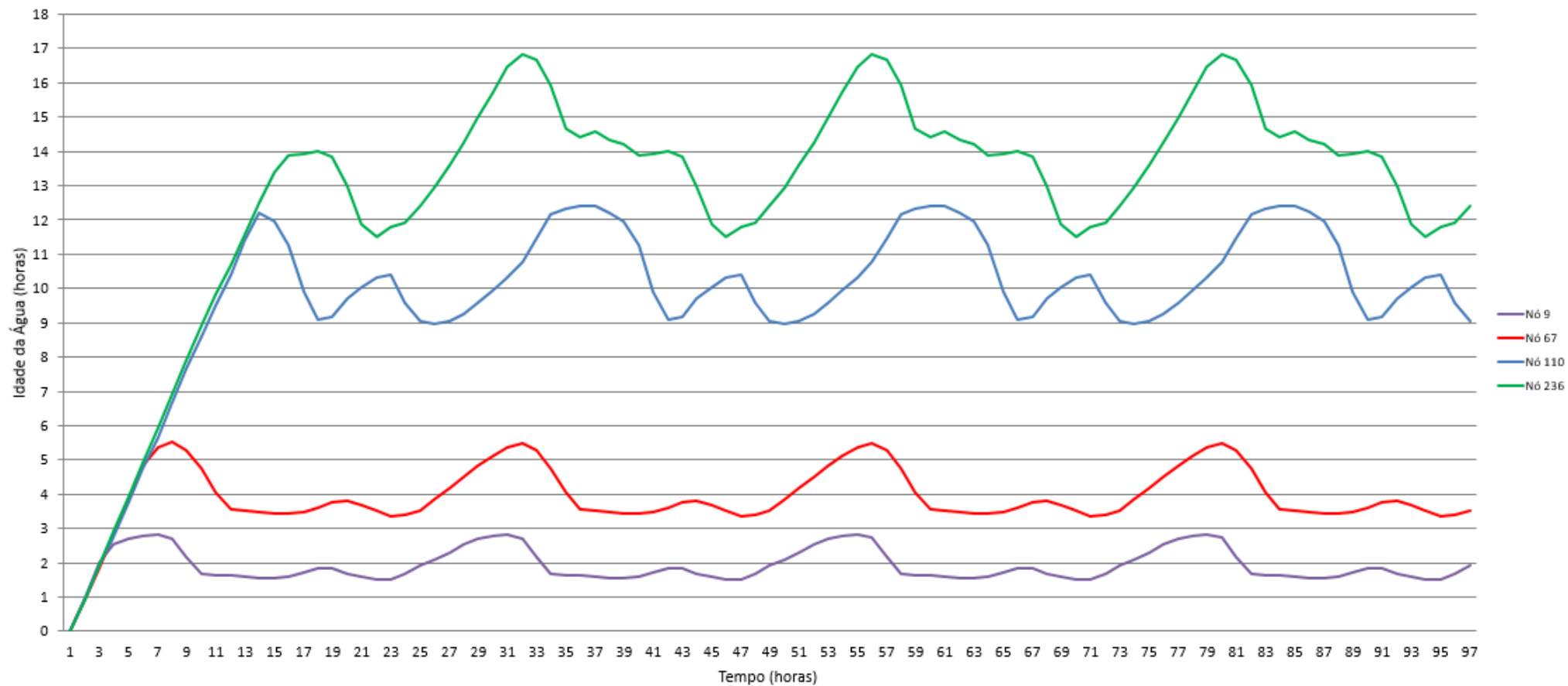


Figura 19 - Idade da água nos nós 9, 67, 110 e 236, num período de simulação de 96 horas.

Ao analisar o tempo de permanência da água na rede desde o reservatório até cada um dos nós sinalizados (Figura 19), verifica-se um comportamento cíclico, durante o período de simulação, que se repete a cada 24 horas. Nas primeiras horas de simulação, a idade da água apresenta uma tendência linear, sendo esta interpretada como o tempo de percurso da primeira água a atingir cada nó. Assim, e como seria expectável, o tempo de percurso é maior para o nó 236, que se encontra mais afastado do reservatório.

A idade da água para o nó 11 não é apresentada na Figura 19, pois esta apresenta sempre um comportamento linear desde a primeira até à última hora de simulação, sendo que influenciaria a escala do gráfico. Os valores da idade da água são sempre iguais à hora de simulação, facto explicado por este nó estar localizado no final de um troço de extremidade, onde a água tende a permanecer estagnada durante mais tempo, devido ao baixo consumo e velocidade. Por essa razão, pretendeu-se comparar a idade da água do nó 11 com a idade da água no nó 9, por estes terem em comum a tubagem que os liga e a sua localização distinta, pois o nó 9 é o que une a tubagem ramificada de extremidade com a tubagem principal. As diferenças são totais, pois o nó 9 apresenta a tendência linear inicial e varia consoante os consumos ao longo do tempo.

No nó 67, verifica-se uma melhoria da idade da água entre as 8 e as 11 horas da manhã, relacionada com o aumento de consumo. No período da tarde, devido à reduzida oscilação no padrão de consumo, não se verificam grandes alterações ao nível da qualidade da água. Ao comparar com a situação do nó 110, estes apresentam semelhanças, como a ocorrência do comportamento cíclico, sendo maior a diferença entre as horas de maior e menor consumo do que no nó 67. A diferença entre a hora de menor e maior consumo, nos nós 67 e 110, pode ser explicada pela distância ao reservatório, pois quanto maior a velocidade de escoamento, menor o tempo de percurso da água na rede.

No nó 236, localizado numa das zonas mais distantes do reservatório, o parâmetro idade da água apresenta melhorias, no que diz respeito aos restantes nós analisados. Neste nó a idade da água diminui para valores abaixo do nó 110, na hora de maior consumo, facto relacionado com a sua localização. Por este nó ser o mais distante, são mais perceptíveis, os efeitos do caudal, distância e velocidades de escoamento. O efeito apresentado nos nós anteriormente analisados, neste caso aplica-se mas com muito mais influência pela distância e caudal que chega a este nó, pois as velocidades a essa hora são muito reduzidas, sendo esta diferença muito mais significativa em comparação com os outros nós.

## **Cenário 2:**

O cenário 2 difere apenas do cenário 1, no que diz respeito à idade inicial da água à entrada do sistema. Considerando uma idade inicial igual a 10 horas, em termos práticos, significa que a água permanece 10 horas no reservatório antes de entrar no sistema.

Ao analisar o comportamento hidráulico verifica-se um comportamento em tudo semelhante ao estudado no cenário 1, sendo que, neste caso, a idade da água ao longo da rede é inferior e resulta do facto da água já ter estado retida no reservatório durante 10 horas antes de entrar no sistema. Os valores de idade da água e pressão para cada nó podem ser consultados nos anexos V e VI.

### **Análise conclusiva dos cenários:**

No que diz respeito à idade da água, foi possível concluir que a velocidade de circulação na rede é menor nas tubagens ramificadas de extremidade, devido aos baixos consumos. Além disto, fica a percepção que a idade da água pode ajudar quando pretendemos verificar quais os percursos preferenciais que a água percorre, zonas de estagnação ou de movimento influenciado, identificando assim os locais com maior propensão a problemas. A intervenção possível para casos de tempo de percurso excessivos pode ser levada a cabo principalmente em zonas de ramificação, onde devem ser realizadas descargas periódicas, com recurso a descargas de fundo, bocas-de-incêndio ou bocas de rega, com objetivo de renovar a água.

## **4.4.2. Decaimento do cloro residual**

---

### **4.4.2.1. Objetivos e importância do estudo**

---

Este estudo tem como objetivo perceber o comportamento do desinfetante cloro ao longo da rede. Deste modo, será possível perceber se a concentração de cloro introduzida no reservatório é suficiente para que este se mantenha dentro dos valores definidos no DL n.º 306/2007 (entre 0,20 e 0,60 mg/L). Este estudo caracteriza-se por ser um dos mais importantes na análise da qualidade da água, pois o desinfetante, tanto em maior como em menor quantidade, em relação ao exigido, pode provocar problemas no consumo. Caso o cloro se apresente acima de 0,60 mg/L, maior será a probabilidade de formação de sub-produtos de

desinfecção que em quantidades excessivas podem ser prejudiciais à saúde pública. No caso oposto, quando o cloro desce abaixo de 0,20 mg/L, a proteção da rede contra focos de contaminação microbiológica é posta em causa e daí podem surgir problemas.

#### 4.4.2.2. Descrição dos cenários

---

- **Cenário 1:** Admitir uma concentração de cloro à saída do reservatório igual ao máximo valor observado em campo e analisar o seu comportamento ao longo da rede;
- **Cenário 2:** Calcular a concentração mínima de cloro à saída do reservatório, para diferentes condições de funcionamento do sistema;
- **Cenário 3:** Estudar a influência da variação de consumo no decaimento do cloro.

#### 4.4.2.3. Apresentação e discussão de resultados

---

- **Cenário 1:**

Para este cenário, as concentrações de cloro residual livre à saída do reservatório são estimadas a partir dos registos entre janeiro de 2011 e maio de 2014. Os pontos de amostragem estão localizados nas povoações de Vale Salgueiro, Costa de Cima, Costa de Baixo, e em três estabelecimentos públicos (ver Anexos VII e VIII). Esta informação permite perceber a ordem de grandeza dos valores de concentração de cloro em diferentes locais da rede. Assim, estima-se que na ZMC da Maceirinha, os valores de concentração de cloro ao longo da rede (nos pontos de recolha de amostras da qualidade da água) estejam compreendidos entre 0,50 e 0,65 mg/L. Esta é a razão pela qual se admitiu neste cenário uma concentração de cloro à saída do reservatório igual a 0,65 mg/L.

Para simular o decaimento do cloro ao longo da rede, usando o *software EPANET*, é necessário saber a taxa de reação do cloro com a parede das tubagens ( $k_w$ ) e com a massa de água ( $k_b$ ). O coeficiente de reação da parede depende essencialmente da idade da rede. Em redes mais antigas, a camada de biofilme formada ao longo dos anos com a deposição de microrganismos vai ter mais influência do que em redes mais recentes, o que vai aumentar

o coeficiente de reação, e conseqüentemente diminuir a concentração do cloro ao longo da rede. No que se refere ao coeficiente de reação entre o cloro e a massa de água, este pode ser obtido através de experiências laboratoriais usando amostras de água recolhidas à entrada do sistema (Ahn *et al.*, 2012). Na literatura da especialidade é possível encontrar vários estudos que permitem determinar a ordem de grandeza para a taxa de reação entre o cloro e a massa de água. Por exemplo, Ahn *et al.*, em 2012, a partir de várias amostras de água recolhidas ao longo do ano, obtiveram valores de  $k_b$  que variam entre -0,18 e -0,41 m/dia. Estudos realizados no sistema de abastecimento em Lousada (Castro e Neves, 2003) permitiram concluir que o  $k_b$  teria valores na ordem dos -0,35 m/dia. Outro estudo realizado por Casagrande, em 1997, determinou que  $k_b$  teria valores de 0,191 m/dia. Anterior a estes surge o estudo de realizado por Rossman *et al.*, em 1994, onde  $k_b$  teria valor de 0,55 m/dia.

De modo a garantir as concentrações de cloro dentro dos valores recomendados (0,20 a 0,60 mg/L), foram usados valores de  $k_b=-0,20$  m/dia (de acordo com estudos publicados na literatura da especialidade) e  $k_w=-0,007$  m/dia (valor estimado por tentativa e erro de forma a aproximar os valores de concentração de cloro calculados e observados em vários pontos na rede). O ajuste do valor de  $k_w$  é apresentado na Figura 20, tendo sido obtido mediante a observação dos valores da concentração de cloro ao longo da rede e os valores obtidos durante a simulação.

Os resultados da concentração do cloro na rede para as condições anteriores estão representados nas Figuras 21 e 22, num período de simulação de 96 horas. As concentrações de cloro e velocidades de escoamento para cada tubagem podem ser consultados nos Anexos IX e X.

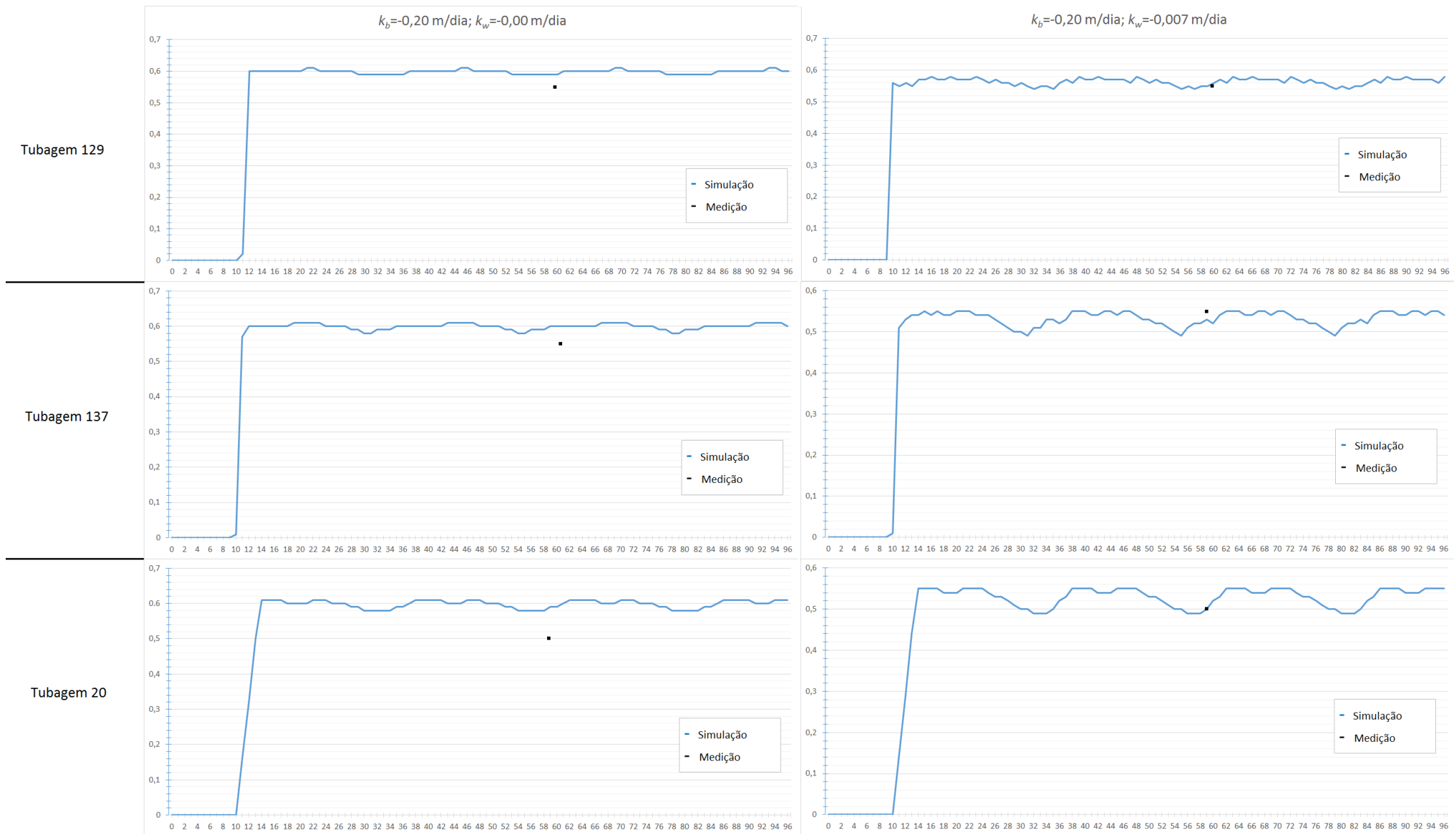


Figura 20 - Ajuste do coeficiente de reação da parede das tubagens  $k_w$ , pela aproximação das concentrações de cloro ao longo da rede e obtidas durante a simulação.

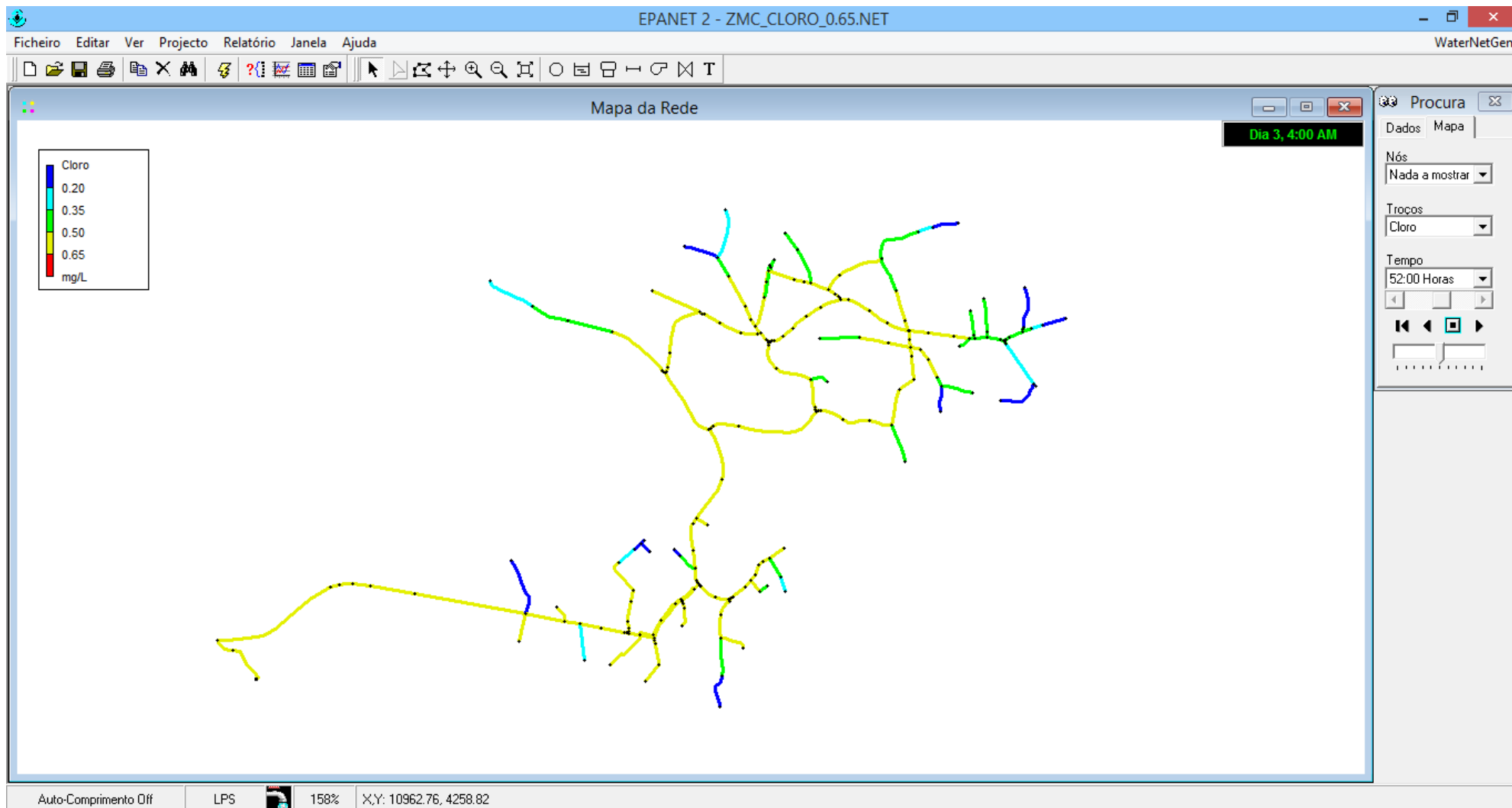


Figura 21 - Concentração do cloro ao longo da rede e durante a hora de menor consumo.

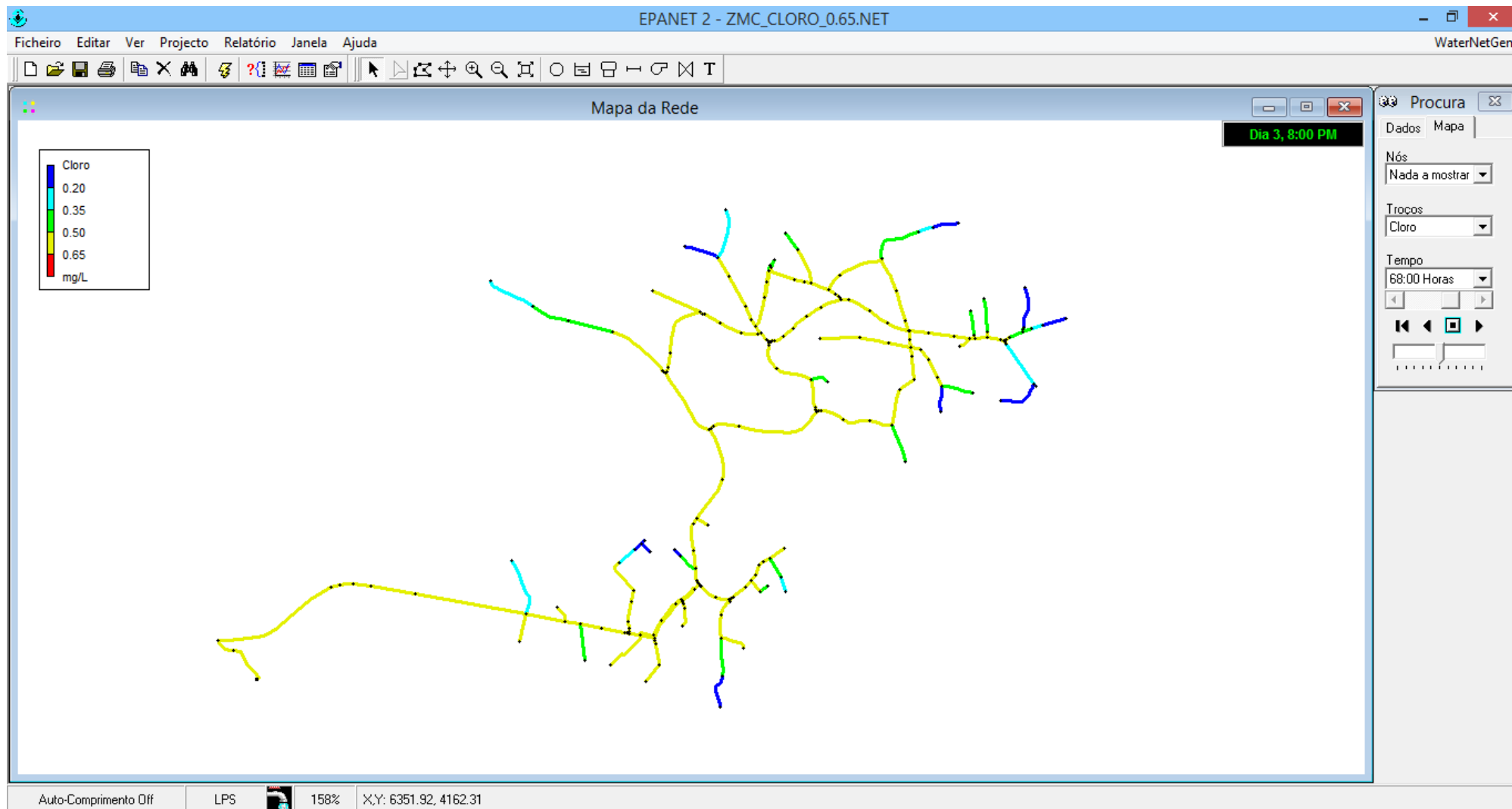


Figura 22 - Concentração de cloro ao longo da rede e durante a hora de maior consumo.

Para a hora de menor consumo (às 4 horas), o cloro apresenta um comportamento muito reativo dentro das tubagens, sendo observados os valores mais baixos ao longo do dia. Neste caso, o valor de concentração de cloro, em algumas tubagens ramificadas de extremidade fica abaixo dos 0,20 mg/L, o que tornará a rede mais vulnerável, em caso de ocorrência de focos de contaminação.

Durante o período de maior consumo (às 20 horas), a concentração de cloro varia menos ao longo da rede, quando comparado com o período de menor consumo. Durante o período de maior consumo, a água apresenta um comportamento menos reativo, pois a velocidade de escoamento é mais elevada. Neste caso, verifica-se uma pequena melhoria da concentração de cloro nas tubagens de extremidade, mas mesmo assim, na maioria destas o valor fica abaixo dos 0,20 mg/L.

Em seguida é realizada uma análise comparativa da concentração de cloro ao longo do período de simulação, em quatro dos nós representados na Figura 18.

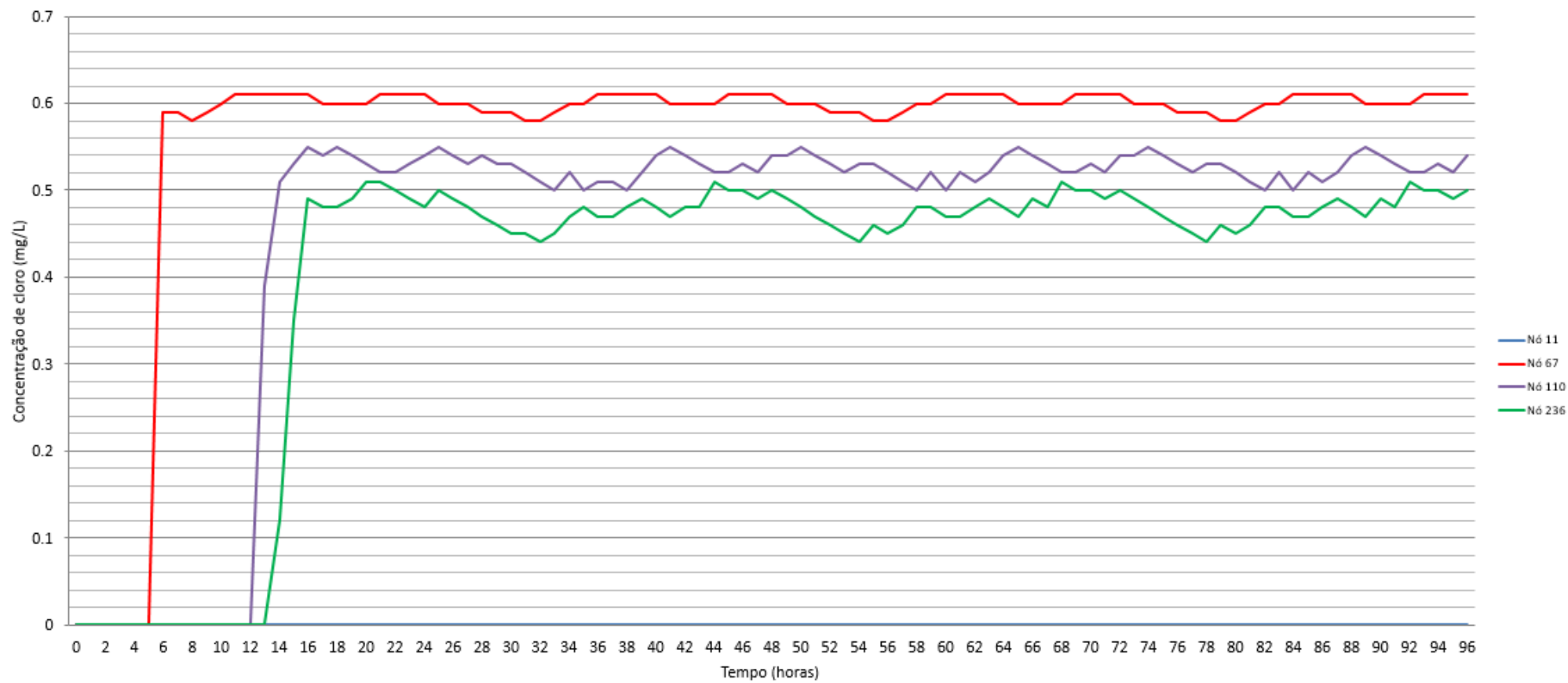


Figura 23 - Concentração de cloro no período de simulação de 96 horas, nos nós 11, 67, 110 e 236.

A Figura 23 mostra a concentração de cloro em quatro zonas distintas da rede e representadas na Figura 18 (nós 11, 67, 110 e 236). Nas primeiras horas, e consoante a distância ao reservatório, existe um comportamento linear correspondente ao tempo que a água demora a chegar a essa zona da rede ou nó. Qualquer uma das zonas em estudo, à exceção do nó 11, apresenta um comportamento cíclico ao longo de 24 horas de simulação. No nó 11, por representar um nó de extremidade de um troço ramificado, verifica-se que a concentração de cloro é sempre nula, ou seja inferior a 0,20 mg/L, sendo previsível a ocorrência de problemas, caso ocorra uma contaminação na rede. No nó 67, verifica-se uma variação da concentração de cloro da ordem dos 0,025 mg/L, entre as horas de maior e menor consumo, sendo este o nó com a maior taxa de cloro dos nós representados. No nó 110, a concentração de cloro varia entre 0,045 mg/L entre as horas de maior e menor consumo. Já no nó 236, a variação da concentração de cloro é de 0,065 mg/L. Apesar de a diferença não ser significativa, variação de concentração de cloro entre a hora de maior e menor consumo vai sendo cada vez maior na direção das zonas mais afastadas do reservatório.

- **Cenário 2:**

Neste cenário considera-se a concentração de cloro à saída do reservatório igual a 0,65 mg/L, e o fecho das válvulas 308, 309 e 310 (Figura 24) que se encontram nas extremidades das tubagens 83 e 84.

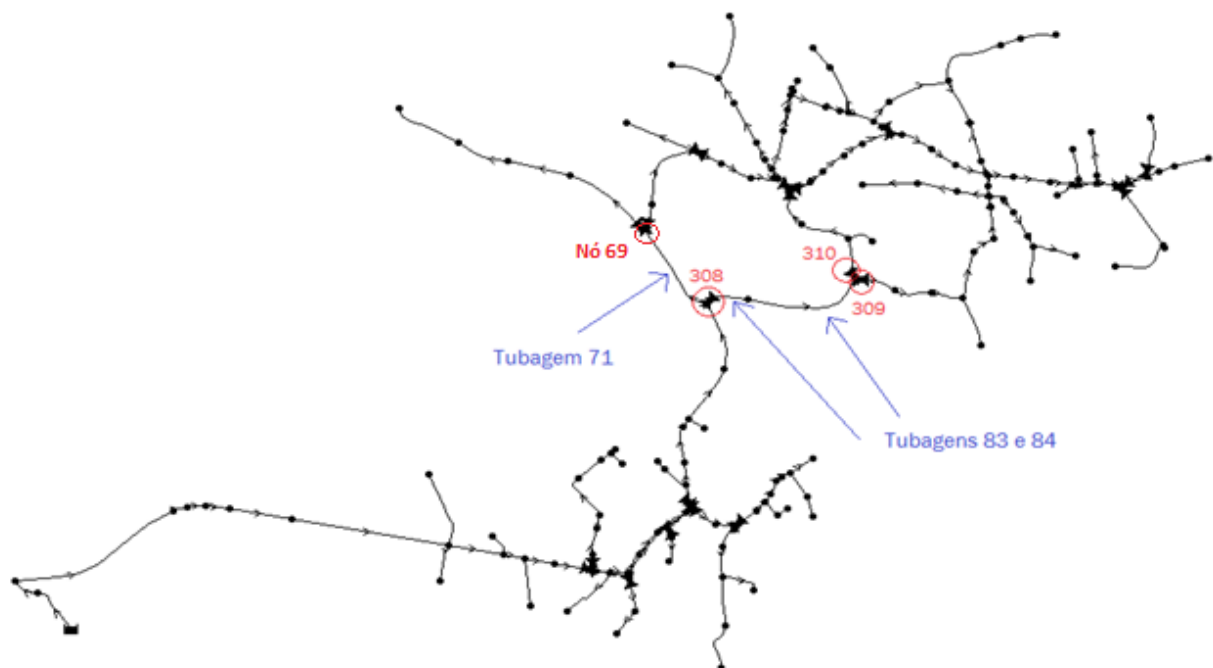
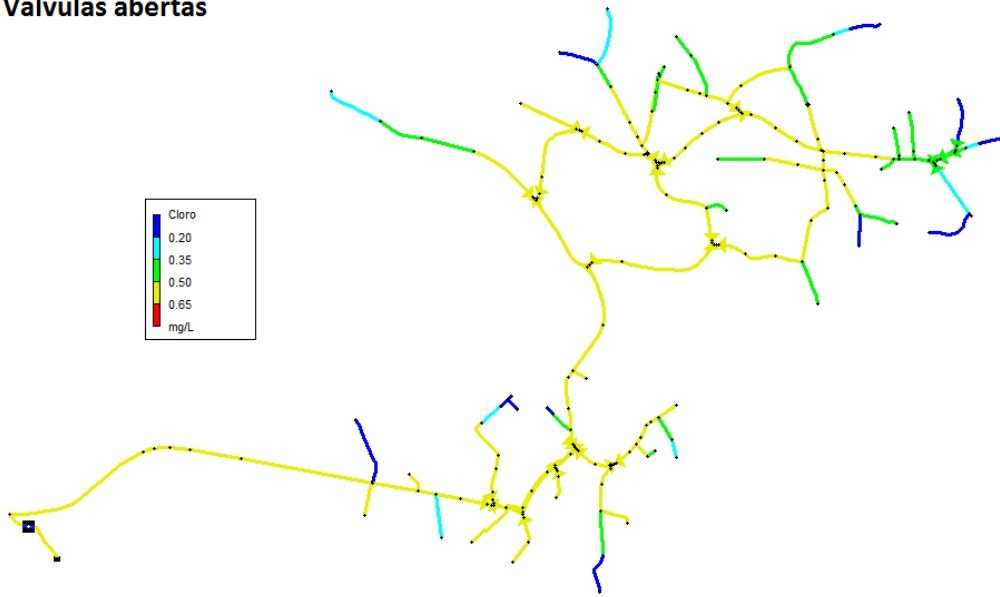


Figura 24 - Localização das válvulas de seccionamento nas extremidades das tubagens 83 e 84.

Válvulas abertas



Válvulas fechadas

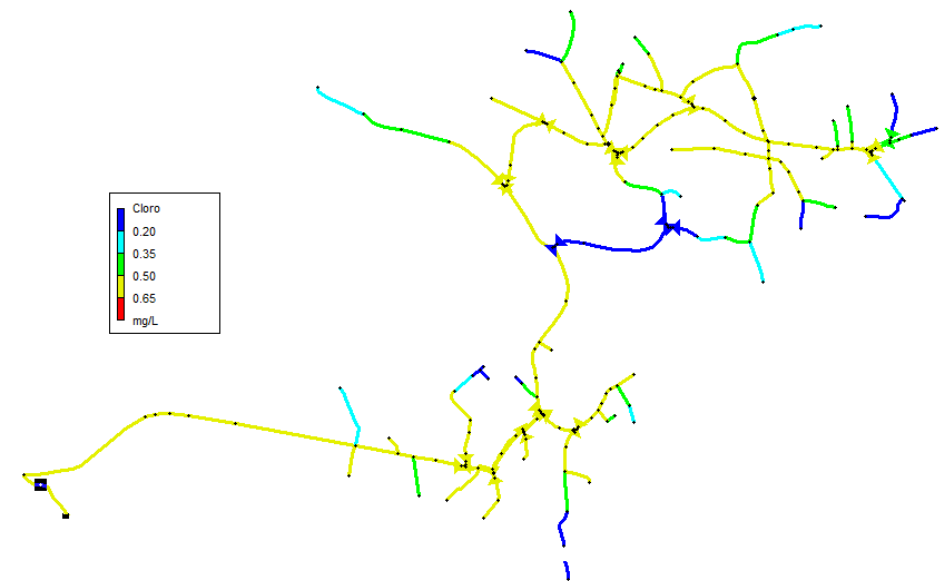


Figura 25 - Concentração de cloro na hora de maior consumo, com válvulas abertas, à esquerda, e fechadas, à direita.

Válvulas abertas



Válvulas fechadas

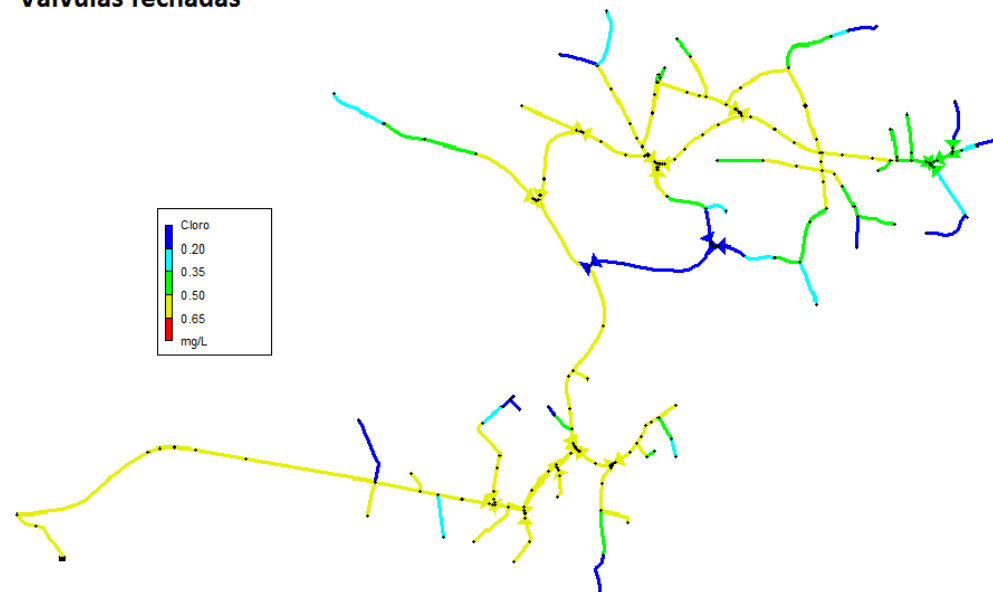


Figura 26 - Concentração de cloro na hora de menor consumo, com válvulas abertas, à esquerda, e fechadas, à direita.

Ao comparar o cenário antes e após o fecho das válvulas de seccionamento (Figuras 25 e 26), verifica-se um aumento da concentração do cloro no nó 69 e uma diminuição da concentração do cloro nos nós mais próximos das válvulas de seccionamento 309 e 310, visto que agora nessas mesmas válvulas passam a ser nós de extremidade de troços ramificados, e toda a água que percorria o trajeto anterior passa a escoar pela tubagem 71. Tanto na hora de menor como na hora de maior consumo, a concentração de cloro diminui para valores preocupantes que põem em risco, ou mais vulnerável, a rede. As tabelas com os valores de cloro e velocidades por tubagem, nas horas de menor e maior consumo, podem ser consultados nos Anexos XI e XII.

- **Cenário 3:**

Este cenário tem como objetivo estudar a influencia da variação do consumo na concentração de cloro do sistema. Neste sentido, é necessário proceder a diversas simulações, variando os fatores de ponta, acima e abaixo dos fatores do padrão de consumo base (Figura 14).

A metodologia utilizada vai permitir perceber que intervalo de padrão de consumo pode ser adequado para o sistema, caso futuramente aumentem ou diminuam os consumos. Nesta fase, serão aumentados e diminuídos os fatores de ponta em 25% e 50% (Figura 27), e posteriormente analisadas as respetivas concentrações de cloro. As concentrações de cloro para cada padrão de consumo serão apresentadas no Anexo XIII.

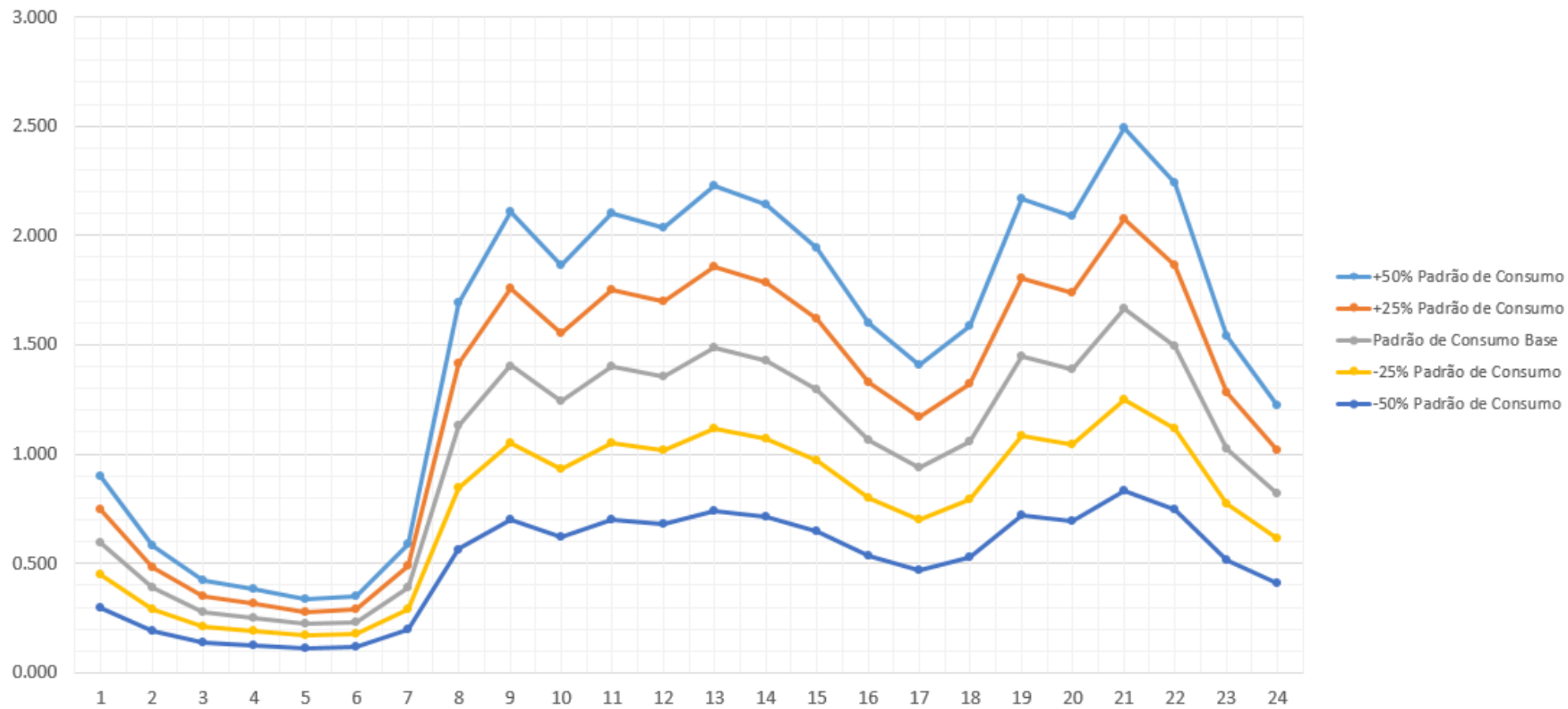


Figura 27 – Variação do padrão de consumo base.

Padrão de consumo base



-25% Padrão de consumo



-50% Padrão de consumo

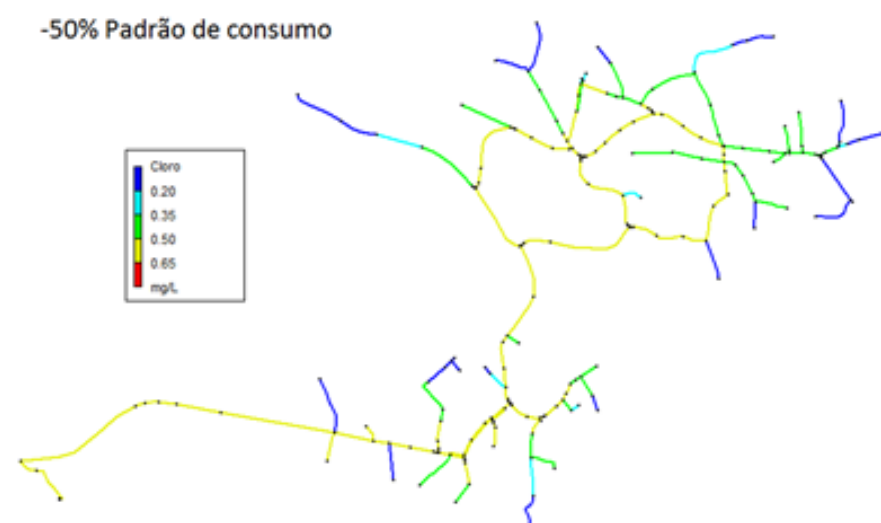
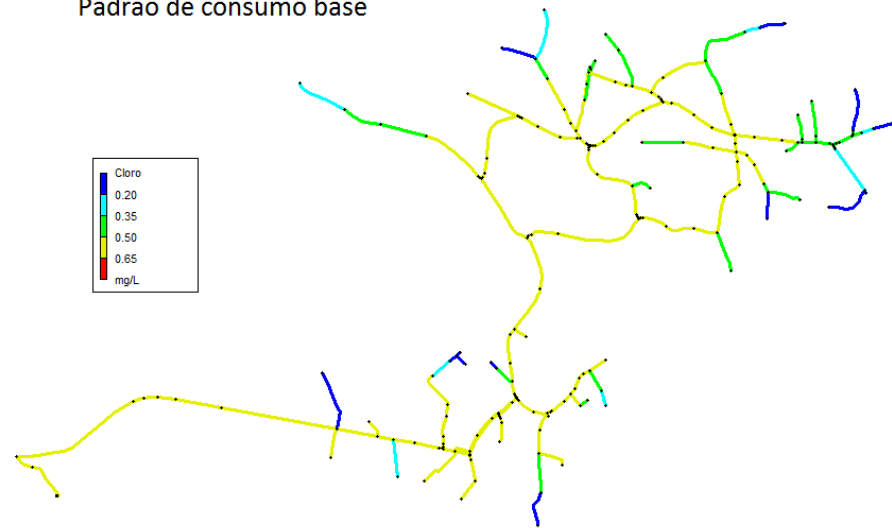


Figura 28 – Simulações referentes à diminuição do consumo, na hora de menor consumo.

Padrão de consumo base



+25% Padrão de consumo



+50% Padrão de consumo



Figura 29 - Simulações referentes ao aumento do consumo, na hora de menor consumo.

Ao analisar a Figura 28, referente à diminuição de 25% e 50% do padrão de consumo gradualmente (na hora de menor consumo), verifica-se que a velocidade de escoamento vai diminuir, logo a água vai permanecer mais tempo na rede. Este facto leva a uma diminuição da concentração do cloro, e por consequência, as tubagens mais afetadas são as de extremidade, onde as velocidades são menores. Para a diminuição de 25% do consumo, existe um acréscimo de 2 tubagens de extremidade ramificadas, onde se observam concentrações abaixo dos 0,20 mg/L. Para uma redução de 50% do consumo, irão aparecer ainda mais 6 tubagens com concentrações de cloro abaixo dos 0,20 mg/L, comparando com o padrão de consumo base. À medida que o consumo vai diminuindo, a rede torna-se mais vulnerável, sobretudo nas tubagens de extremidade.

Na Figura 29, foi posto em prática o fenómeno contrário, e aumentou-se na mesma proporção (25% e 50%) o consumo na rede. Deste modo, foi possível observar que aumentando o consumo, a velocidade de escoamento aumenta, bem como a concentração de cloro. Neste caso, as concentrações encontradas para o aumento de consumo de 25%, irão melhorar o comportamento na rede, numa das tubagens de extremidade que teria concentrações abaixo de 0,20 mg/L. Caso o aumento do consumo seja efetuado em 50%, o comportamento do cloro também melhora em mais 2 tubagens. Nos dois casos, é possível perceber que mesmo aumentando o consumo na rede, a concentração de cloro não é suficientemente elevada em certos locais da rede, para que se proceda a uma diminuição da concentração de cloro à entrada do sistema. Para além disso, caso o consumo aumente em 50%, a pressão mínima iria diminuir, logo os consumos nesses locais de rede não seriam garantidos. Neste sentido, seria necessário reforçar o sistema, através da colocação de tubagens paralelas às existentes, ou substituir algumas tubagens no sistema (não necessariamente nos locais onde existem os problemas), aumentando deste modo a sua capacidade de carga.

#### **Análise conclusiva dos cenários:**

Nos cenários analisados verifica-se que o decaimento de cloro é superior durante as horas de menor consumo, devido à reduzida velocidade de circulação da água na rede.

Além disso, em qualquer um dos cenários estudados verifica-se que em tubagens ramificadas de extremidade a concentração de cloro é inferior a 0,20 mg/L, o que se deve aos baixos consumos e elevados tempos de permanência da água na rede. Nestas zonas da

rede deve-se proceder a descargas periódicas com recurso a descargas de fundo, bocas-de-incêndio ou bocas de rega, com o objetivo de renovar a água.



## **5. Conclusões e perspectivas futuras**

---

No presente capítulo pretende-se sintetizar todo o tipo de conclusões adquiridas ao realizar a modelação dos parâmetros de qualidade da água nos diferentes cenários estudados, bem como referir algumas orientações e sugestões para trabalhos futuros a realizar na área da qualidade da água.

Como primeira conclusão, e após análise dos relatórios anuais da ERSAR, verifica-se que praticamente 100% da água é controlada e de boa qualidade, sendo este um excelente indicador de desempenho do setor da água em Portugal.

Relativamente ao caso de estudo abordado no capítulo IV, foram considerados dois cenários para analisar a idade da água e três cenários para estudar o decaimento do cloro ao longo da rede. Como o atual modelo de simulação hidráulica não se encontra devidamente calibrado, foi usado para apenas para testar diferentes cenários hipotéticos.

O estudo do parâmetro idade da água permitiu perceber que, para redes pequenas, este não apresenta muita importância, pois as pequenas distâncias de percurso da água não irão influenciar a sua qualidade. A idade da água é ainda importante quando se pretende perceber quais os locais da rede onde os movimentos da água poderão estar restringidos ou haja estagnação. O tempo de percurso da água no sistema está assim relacionado com o tempo de armazenamento dentro do reservatório, dentro das tubagens e as diferentes alturas de consumo ao longo do dia. Para consumos inferiores ao previsto inicialmente, aquando do dimensionamento da rede, antecipa-se que o tempo de percurso irá aumentar, pois as velocidades de escoamento diminuem. Outro problema encontrado ao longo do estudo da idade da água está relacionado com a existência de tempos de percurso elevados nas zonas de troços de extremidade com consumos baixos, devido ao sobredimensionamento dos diâmetros, estimativas de consumo ou pela adoção de coeficientes de ponta excessivos (LNEC, 2006). Quando relacionado com o parâmetro cloro, fica explícito que a partir do momento em que a água apresenta tempos de residência elevados no sistema, este reage com a parede das tubagens e a massa de água, conduzindo a uma perda de qualidade.

No que se refere ao decaimento de cloro ao longo da rede (cenário 1), foi perceptível que os valores iniciais de cloro à entrada do sistema não eram suficientes para garantir a qualidade da água a jusante, pois verifica-se que nas tubagens ramificadas de extremidade, a concentração de cloro é mais baixa, chegando em alguns casos a estar abaixo dos 0,20 mg/L, devido às reduzidas velocidades de escoamento e ao consumo, pelo que nestas zonas da rede, devem ser realizadas descargas periódicas com o objetivo de renovar a água. No

cenário 2, o fecho das válvulas conduz a uma diminuição da concentração de cloro nas tubagens junto às válvulas mais a jusante, dado que foi alterada a estrutura da rede. No cenário 3, a variação do consumo, quando o cloro apresenta uma concentração elevada à saída do reservatório, deixa antever que se o consumo for diminuído, a concentração de cloro também vai diminuir. Se o consumo aumentar, a concentração de cloro aumenta, devendo ser tomadas precauções, no que diz respeito às pressões mínimas, pois neste caso estas passavam a estar abaixo do que seria admissível.

Em termos de trabalhos futuros, propõe-se que este tipo de análise seja alargado a outras zonas do sistema de abastecimento de água no concelho de Leiria, com modelos de simulação hidráulica devidamente calibrados.



## **5. Referências Bibliográficas**

---

- Academies, N. R. C. o. N. (2006). Drinking Water Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks, National Academy of Sciences: 392.
- Agostinho, M. M. (2012). Controlo de perdas de água nos sistemas de distribuição. Departamento de Engenharia Civil. Instituto Politécnico de Leiria, Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico de Leiria. Mestrado em Engenharia Civil: 115.
- Ahn, J. C., Lee, S. W., Choi, K. Y. e Koo, J. Y. (2012). "Application of EPANET for the determination of chlorine dose and prediction of THMs in a water distribution system." Sustainable Environmental Residuals: 8.
- Alegre, H., Pitchers R., Seagrov S., Vreeburg J., Bruaset S., Rostum J.. (2009). Water quality-driven operation and maintenance of drinking water networks. Best Management Practice, Techneau: 113.
- Alves, Z. d. C. A. G. (2012). Modelação Hidráulica de um Sistema de Distribuição de Água – Aplicação a uma zona de Castelo Branco. Departamento de Construção Sustentável, Instituto Politécnico de Castelo Branco. Mestre em Construção Sustentável: 116.
- Casagrande, J (1997). Modelagem matemática da qualidade de água em sistemas de distribuição. Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória: 145.
- Castro, P. e Neves, M. (2003) Chlorine Decay in Water Distribution Systems. Case study – Lousada Network. Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union: 6.
- CE (2001). Decisão N.º 2455/2001/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de Novembro de 2001. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Comissão Europeia: 5.
- CE (2014). Relatório de síntese sobre a qualidade da água para consumo humano na UE, que analisa os relatórios dos Estados-Membros para o período de 2008-2010, em conformidade com a Diretiva 98/83/CE. Relatório da Comissão, Comissão Europeia: 11.
- DGA (1998). Controlo da Qualidade da Água de Abastecimento para Consumo Humano em 1997, Direção Geral do Ambiente: 48.
- DR (2007). Decreto-Lei n.º 306/2007. de Diário da República, Governo de Portugal: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 1.ª série: 5747.
- EPA (2000). EPANET 2 User's Manual. United States Environmental Protection Agency: 243.
- EPA (2009). EPA Protocol for the Second Review of Existing National Primary Drinking Water Regulations (Updated). [www.epa.gov/safewater](http://www.epa.gov/safewater), United States Environmental Protection Agency (EPA): 37.
- EPA (2012). Revisions to the Unregulated Contaminant Monitoring Regulation (UCMR 3) for Public Water Systems; Final Rule. National Archives and Records Administration. 77: 31.
- EPAL (2006). Qualidade da Água para Consumo Humano - Relatório Anual 2010. <http://www.epal.pt/Epal/DownloadsImgPdf.aspx?src=RelatQualidade&area=283&sub=5615&menu=5615>, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL): 32.

- EPAL (2007). Qualidade da Água para Consumo Humano - Relatório Anual 2007. <http://www.epal.pt/Epal/DownloadsImgPdf.aspx?src=RelatQualidade&area=283&sub=5615&menu=5615>, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL): 36.
- EPAL (2010). Qualidade da Água para Consumo Humano - Relatório Anual 2010. <http://www.epal.pt/Epal/DownloadsImgPdf.aspx?src=RelatQualidade&area=283&sub=5615&menu=5615>, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL): 28.
- ERSAR (2006). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2005): Volume 4 - Controlo da qualidade da água para consumo humano, Instituto Regulador de Águas e Resíduos. 4: 244.
- ERSAR (2011) História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal. 219
- ERSAR (2011). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2010): Volume 4 - Controlo da qualidade da água para consumo humano, Entidade Reguladora dos Serviços e de Águas e Resíduos. 4: 257.
- ERSAR (2012). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2012): Volume 4 - Controlo da qualidade da água para consumo humano, Entidade Reguladora de Águas e Resíduos. 4: 115.
- ERSAR (2013). Plano de Atividades 2013, ERSAR: 49.
- ERSAR (2014). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2014): Volume 4 - Controlo da qualidade da água para consumo humano, Entidade Reguladora de Águas e Resíduos. 4: 105.
- ERSAR (2014). Dados de Qualidade da Água para Consumo Humano em 2013 - Entidades Gestoras em Baixa. Site ERSAR, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Gomes, R. d. J. (2011). Modelação Matemática como Ferramenta de Gestão e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água. Departamento de Engenharia Civil. Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra. Doutor em Engenharia Civil: 274.
- Grayman, W. M., Clark, R. M. e Males, R. M. (1988). Modeling Distribution System Water Quality: Dynamic Approach. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE: 114.
- Hart, F. F., Meader, J. L., and Chiang, S. N. (1986). CLNET—A Simulation Model for Tracing Chlorine Residuals in a Potable Water Distribution Network. Proceedings of the AWWA Distribution System Symposium. American Water Works Association, Denver, Colorado.
- Hilaco, S. I. d. C. (2012). Implementação do Plano de Segurança da Água para consumo humano em Portugal. Departamento de Estudos Políticos da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade do Minho. Mestrado em Globalização e Ambiente: 154.
- IRAR (2004). Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano 2002, Instituto Regulador de Águas e Resíduos: 44.
- IRAR (2005). Controlo da Qualidade da Água para o Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento, Instituto Regulador de Águas e Resíduos: 162.

- Lima, L. M. F. (2009). Modelação da Qualidade da água numa rede de distribuição: Estudo do comportamento do cloro e da formação de trihalometanos. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestrado Integrado em Engenharia Civil: 172.
- Liou, C. P. e Kroon, J. R. (1987). Modeling the propagation of waterborne substances in distribution networks. J. AWWA. Vol. 79. 11: 54-58.
- LNEC e IRAR (2006). Modelação e Análise de Sistemas de Abastecimento de Água: 357.
- Monteiro, H. M. M. (2010). Abastecimento Público de Água no Concelho de Vila Real: Caracterização e Regime de Qualidade Aplicável. Departamento de Engenharia do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Mestrado em Engenharia do Ambiente: 116.
- ONU (2005). Water for Life Decade (2005-2015), United Nations Department of Public Information: 20.
- ONU (2012). UN-Water global annual assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2012 report: the challenge of extending and sustaining services, OMS and NU: 112.
- Oliveira, J. F. S. e B. Mendes (2004). Qualidade da Água para Consumo Humano. Lideli 640.
- OMS (2011). Guidelines for drinking-water quality - 4th edition. OMS Library Cataloguing-in-Publication Data, Organização Mundial de Saúde: 564.
- Pinto, T. M. V. (2010). Modelação e Calibração de um Sistema de Abastecimento de Água, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia. Mestrado em Engenharia Civil: 64.
- Portugal, Á. d. (2011). Manual para o Desenvolvimento de Planos de Segurança da Água: 132.
- Raposo, E. C., Matos J. S. e Monteiro A.. (2011). Parte 2 - Caracterização da Região Hidrográfica: 1.8 - Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas do Vouga, Mondego e Lis. M. Ministério da Agricultura, Ambiente e Ordenamento do Território, Administração da Região Hidrográfica do Centro I.P.: 133.
- Rodrigues, E. A. (2004). A vida do homem/o homem sem vida: retratos da degradação sócio-ambiental. II Encontro da ANPPAS. São Paulo - Brasil: 20.
- Rossman L. A., Boulos, P. F. e Altman T. (1993). Discrete volumeelement method for network water- quality models. J. Water Resour. Plng. and Mgmt. Vol. 119. 5: 505-517.
- Rossman, L. . (1994). Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems. ASCE J. of Env. Eng: 120: 830.
- Rossman, L. e P. Boulos (1996). "Numerical Methods for Modeling Water Quality in Distribution Systems: A Comparison." Journal of Water Resources Plannig and Management 122: 137-146.
- Silva, L. S. P. D. d. (2010). Controlo da qualidade da água de consumo humano no concelho da Povoação (São Miguel): diagnóstico e implicações para a saúde pública. Departamento de Ambiente Saúde e Segurança, Universidade dos Açores. Mestrado em Ambiente Saúde e Segurança: 213.

- Simas, L. (2009). Qualidade da Água para Consumo Humano. Segurança e Qualidade Alimentar. 7: 4.
- Smith, G. D. (2002). "Commentary: Behind the Broad Street pump: aetiology, epidemiology and prevention of cholera in mid-19th century Britain." International Journal of Epidemiology: 12.
- Sousa, E. R. (2001). Sistemas de Adução. Saneamento Ambiental I, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura - IST: 53.
- Sousa, E. R. (2001). Sistemas de Distribuição de Água. Saneamento Ambiental I, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura - IST: 75.
- Sousa, J. e J. Alfeu (2013). Hidráulica Urbana - Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, Imprensa da Universidade de Coimbra: 426.
- UNICEF/OMS (2012). Progress on Drinking Water and Sanitation - 2012 Update. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, UNICEF/OMS: 66.
- Veterinária, D. G. d. A. e. (2014). Pesticidas a Pesquisar em Águas Destinadas ao Consumo Humano - 2015. Lisboa, Ministério da Agricultura e do Mar - Governo de Portugal: 13.
- Vidigal, P. M. (2008). Análise Alargada de Parâmetros Técnico-Hidráulicos e Avaliação de Desempenho de Sistemas de Distribuição de Água. Departamento de Engenharia Civil. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico. Mestrado em Engenharia Civil: 197.
- Vieira, P. e S. T. Coelho (2002). Modelação do Cloro Residual como Instrumento de Controlo da Qualidade da Água em Sistemas de Abastecimento 6.º Congresso da Água. Porto.
- Walski, T. M., Chase D. V., Savic D. A., Grayman W., Beckwith S. e Koelle E. (2002). Advanced Water Distribution Modeling and Management. Haestad Methods, HAESTAD PRESS, Waterbury, CT EUA: 800.

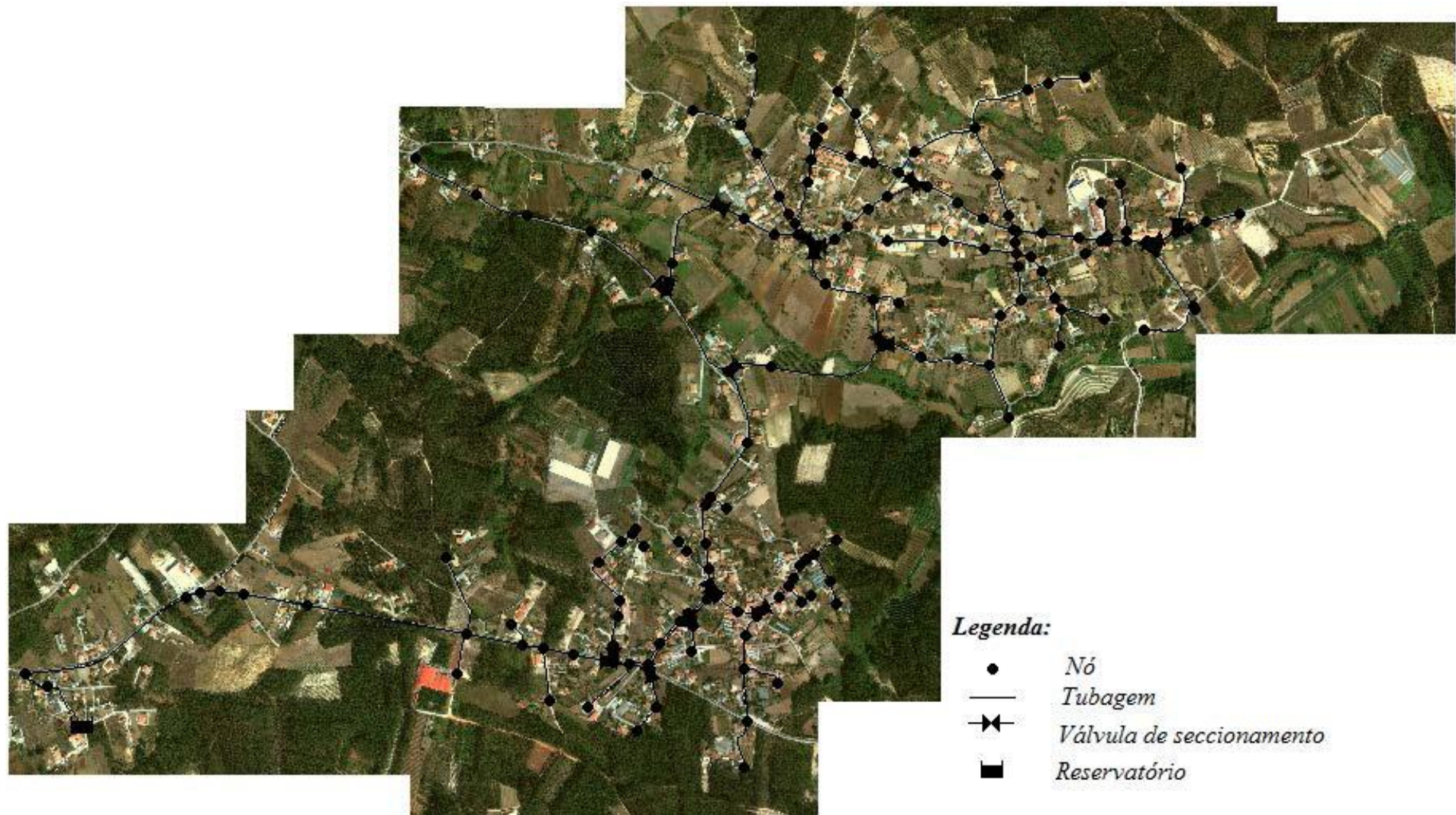


## **6. Anexos**

---



## Anexo I – Localização da rede



## Anexo II – Características das tubagens

Caraterísticas das tubagens			
ID do Nó	Comprimento	Diâmetro	Rugosidade
	m	mm	-
Tubagem 1	130.38	110	100
Tubagem 2	69.08	110	100
Tubagem 3	417.29	110	100
Tubagem 4	35.52	110	100
Tubagem 5	49.45	110	100
Tubagem 6	66.15	110	100
Tubagem 7	143.15	110	100
Tubagem 8	379.80	110	100
Tubagem 9	90.98	63	100
Tubagem 10	189.66	90	100
Tubagem 11	133.38	110	100
Tubagem 12	46.00	63	100
Tubagem 13	52.26	110	100
Tubagem 14	120.24	63	100
Tubagem 15	68.94	110	100
Tubagem 16	98.05	110	100
Tubagem 17	35.78	63	100
Tubagem 18	69.37	63	100
Tubagem 19	35.30	63	100
Tubagem 20	126.25	63	100
Tubagem 21	65.96	90	100
Tubagem 22	30.60	90	100
Tubagem 23	4.81	90	100
Tubagem 24	30.15	90	100
Tubagem 25	39.05	125	100
Tubagem 26	131.94	63	100
Tubagem 27	47.37	125	100
Tubagem 28	82.99	63	100
Tubagem 29	93.83	63	100
Tubagem 30	49.36	90	100
Tubagem 31	55.50	90	100
Tubagem 32	73.20	90	100
Tubagem 33	29.63	90	100
Tubagem 34	165.95	125	100
Tubagem 35	32.58	63	100
Tubagem 36	54.70	63	100
Tubagem 37	57.54	90	100
Tubagem 38	57.18	125	100
Tubagem 39	21.98	125	100
Tubagem 40	115.66	63	100

Caraterísticas das tubagens			
ID do Nó	Comprimento	Diâmetro	Rugosidade
	m	mm	-
Tubagem 41	129,41	63	100
Tubagem 42	92,62	63	100
Tubagem 43	77,46	63	100
Tubagem 44	48,79	63	100
Tubagem 45	12,23	63	100
Tubagem 47	10,33	63	100
Tubagem 48	58,87	63	100
Tubagem 49	47,38	63	100
Tubagem 50	55,26	63	100
Tubagem 51	46,26	63	100
Tubagem 53	29,91	63	100
Tubagem 54	47,03	63	100
Tubagem 55	14,99	63	100
Tubagem 56	39,62	63	100
Tubagem 57	19,41	63	100
Tubagem 58	24,43	63	100
Tubagem 59	62,64	63	100
Tubagem 60	76,03	90	100
Tubagem 61	57,56	90	100
Tubagem 62	47,54	63	100
Tubagem 63	61,94	63	100
Tubagem 64	25,21	63	100
Tubagem 65	57,27	63	100
Tubagem 66	99,02	63	100
Tubagem 67	24,71	63	100
Tubagem 68	46,44	63	100
Tubagem 69	142,27	63	100
Tubagem 70	183,66	63	100
Tubagem 71	247,78	63	100
Tubagem 72	228,71	63	100
Tubagem 73	156,27	63	100
Tubagem 74	156,91	63	100
Tubagem 75	131,95	63	100
Tubagem 76	181,50	63	100
Tubagem 77	76,03	63	100
Tubagem 78	66,44	63	100
Tubagem 79	66,57	63	100
Tubagem 80	6,63	63	100

Caraterísticas das tubagens			
ID do Nó	Comprimento	Diâmetro	Rugosidade
	m	mm	-
Tubagem 81	196,72	90	100
Tubagem 82	73,91	125	100
Tubagem 83	329,94	125	100
Tubagem 84	90,34	63	100
Tubagem 85	87,21	63	100
Tubagem 86	80,33	63	100
Tubagem 87	137,26	90	100
Tubagem 88	110,92	125	100
Tubagem 89	65,74	90	100
Tubagem 90	121,85	125	100
Tubagem 91	106,56	125	100
Tubagem 92	38,46	63	100
Tubagem 93	30,17	63	100
Tubagem 94	35,98	63	100
Tubagem 95	47,06	63	100
Tubagem 96	97,55	63	100
Tubagem 97	79,34	63	100
Tubagem 98	111,45	63	100
Tubagem 99	172,93	63	100
Tubagem 100	92,54	63	100
Tubagem 101	59,79	90	100
Tubagem 102	37,56	90	100
Tubagem 103	13,20	90	100
Tubagem 104	102,50	38	100
Tubagem 105	33,55	38	100
Tubagem 106	91,38	90	100
Tubagem 107	35,95	90	100
Tubagem 108	21,52	63	100
Tubagem 109	119,42	63	100
Tubagem 110	68,75	90	100
Tubagem 111	62,98	63	100
Tubagem 112	25,38	63	100
Tubagem 113	30,06	63	100
Tubagem 114	65,62	63	100
Tubagem 115	70,78	63	100
Tubagem 116	63,04	63	100
Tubagem 117	32,84	63	100
Tubagem 118	40,66	63	100
Tubagem 119	9,84	63	100
Tubagem 120	196,72	90	100

Caraterísticas das tubagens			
ID do Nó	Comprimento	Diâmetro	Rugosidade
	m	mm	-
Tubagem 121	59,69	63	100
Tubagem 122	158,25	63	100
Tubagem 123	179,02	63	100
Tubagem 124	55,00	63	100
Tubagem 125	79,28	63	100
Tubagem 126	120,31	63	100
Tubagem 127	105,05	63	100
Tubagem 128	33,29	63	100
Tubagem 129	72,15	63	100
Tubagem 130	70,90	63	100
Tubagem 131	83,63	63	100
Tubagem 132	24,55	63	100
Tubagem 133	7,41	63	100
Tubagem 134	29,47	63	100
Tubagem 135	29,47	63	100
Tubagem 136	76,06	63	100
Tubagem 137	99,70	63	100
Tubagem 138	130,80	63	100
Tubagem 139	25,57	63	100
Tubagem 140	75,73	63	100
Tubagem 141	47,66	63	100
Tubagem 142	129,48	63	100
Tubagem 143	38,33	63	100
Tubagem 144	36,69	63	100
Tubagem 145	71,08	63	100
Tubagem 146	20,71	63	100
Tubagem 147	81,01	63	100
Tubagem 148	113,34	63	100
Tubagem 149	57,48	63	100
Tubagem 150	80,08	63	100
Tubagem 151	62,30	63	100
Tubagem 152	50,04	63	100
Tubagem 153	15,06	63	100
Tubagem 154	7,69	63	100
Tubagem 155	84,06	63	100
Tubagem 156	47,47	63	100
Tubagem 157	13,18	63	100
Tubagem 158	131,06	63	100

<b>Caraterísticas das tubagens</b>			
<b>ID do Nó</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Rugosidade</b>
	m	mm	-
<b>Tubagem 160</b>	11,18	63	100
<b>Tubagem 161</b>	181,99	90	100
<b>Tubagem 162</b>	6,13	90	100
<b>Tubagem 163</b>	171,55	90	100
<b>Tubagem 164</b>	64,01	63	100
<b>Tubagem 165</b>	157,47	63	100
<b>Tubagem 166</b>	32,29	90	100
<b>Tubagem 167</b>	45,29	90	100
<b>Tubagem 168</b>	68,77	90	100
<b>Tubagem 401</b>	0,5	110	100
<b>Tubagem 402</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 403</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 404</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 405</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 406</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 407</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 408</b>	0,5	125	100
<b>Tubagem 409</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 410</b>	0,5	125	100
<b>Tubagem 412</b>	0,5	90	100
<b>Tubagem 411</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 413</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 414</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 415</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 416</b>	0,5	125	100
<b>Tubagem 417</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 418</b>	0,5	63	100
<b>Tubagem 419</b>	0,5	90	100
<b>Tubagem 420</b>	0,5	63	100

## Anexo III – Propriedades e idade da água dos nós na hora de menor consumo, idade inicial de “0”

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Age
	m	m c. a.	horas
Nó 2	150,00	4,95	0,28
Nó 3	147,00	7,92	0,43
Nó 4	143,00	11,76	1,32
Nó 5	141,00	13,25	1,40
Nó 6	139,00	15,73	1,51
Nó 7	138,00	16,71	1,65
Nó 8	135,00	19,65	1,95
Nó 9	129,00	25,51	2,70
Nó 10	130,00	24,51	11,76
Nó 11	128,00	26,01	52,00
Nó 12	128,00	26,46	2,96
Nó 13	128,00	26,46	9,74
Nó 14	127,50	26,94	3,06
Nó 15	128,00	26,44	52,00
Nó 16	127,00	27,41	3,18
Nó 17	127,00	27,37	3,40
Nó 18	126,50	27,87	5,69
Nó 19	126,50	27,87	8,14
Nó 20	125,00	29,37	9,09
Nó 21	125,50	28,87	12,98
Nó 22	125,00	29,37	52,00
Nó 23	125,00	29,37	52,00
Nó 24	125,00	29,37	52,00
Nó 25	125,00	29,37	52,00
Nó 26	126,00	28,37	3,48
Nó 27	128,00	26,37	14,97
Nó 28	126,00	28,36	3,68
Nó 29	126,00	28,36	3,63
Nó 30	127,00	27,36	8,07
Nó 31	128,00	26,36	13,12
Nó 32	125,00	29,35	3,89
Nó 33	125,00	29,35	4,16
Nó 34	125,00	29,34	4,26
Nó 35	125,00	29,34	4,15
Nó 36	125,00	29,34	6,92
Nó 37	126,00	28,34	9,87
Nó 38	125,00	29,34	4,36

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 39	125,00	29,33	4,42
Nó 40	130,50	23,74	52,00
Nó 41	129,00	25,24	32,87
Nó 42	127,50	26,74	15,15
Nó 43	127,00	27,24	10,4
Nó 44	126,00	28,24	7,75
Nó 45	125,00	29,24	5,41
Nó 46	125,00	29,24	4,67
Nó 47	125,00	29,32	4,52
Nó 48	125,00	29,27	4,60
Nó 49	125,00	29,24	6,08
Nó 50	125,00	29,23	6,97
Nó 51	125,00	29,23	13,08
Nó 52	125,00	29,23	37,35
Nó 53	125,00	29,23	7,39
Nó 54	125,00	29,23	8,46
Nó 55	125,00	29,23	9,30
Nó 56	126,50	27,73	10,15
Nó 57	126,50	27,73	13,77
Nó 58	125,00	29,23	25,82
Nó 59	125,00	29,23	52,00
Nó 60	122,00	32,22	4,52
Nó 61	116,00	38,22	43,24
Nó 62	115,00	39,22	52,00
Nó 63	116,00	38,09	4,58
Nó 64	115,00	38,86	4,66
Nó 65	115,00	38,80	4,72
Nó 66	115,00	38,80	15,19
Nó 67	110,00	43,47	4,84
Nó 68	95,00	58,05	4,99
Nó 69	97,00	56,02	5,99
Nó 70	102,00	51,02	16,77
Nó 71	102,00	51,02	24,25
Nó 72	102,50	50,52	36,53
Nó 73	102,00	51,02	52,00
Nó 74	97,00	56,02	6,56
Nó 75	99,00	54,02	15,95

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 76	100,00	53,02	8,09
Nó 77	103,00	50,01	8,39
Nó 78	105,00	48,01	8,68
Nó 79	110,00	43,00	9,00
Nó 80	110,00	43,00	8,39
Nó 81	90,00	63,04	5,29
Nó 82	90,00	63,03	6,47
Nó 83	87,00	66,02	6,81
Nó 84	87,00	66,01	7,13
Nó 85	86,00	67,00	7,41
Nó 86	84,50	68,50	52,00
Nó 87	102,00	51,02	6,98
Nó 88	102,00	51,02	34,77
Nó 89	109,00	44,02	7,49
Nó 90	111,50	41,52	8,02
Nó 91	110,50	42,50	8,51
Nó 92	111,50	41,50	9,79
Nó 93	112,00	41,00	10,99
Nó 94	113,00	40,00	13,00
Nó 95	115,00	38,00	14,34
Nó 96	115,00	38,00	52,00
Nó 97	116,50	36,50	51,84
Nó 98	110,50	42,49	8,94
Nó 99	110,50	42,49	9,56
Nó 100	110,50	42,49	9,91
Nó 101	110,50	42,49	33,38
Nó 102	110,50	42,49	13,69
Nó 103	111,00	41,99	22,89
Nó 104	110,50	42,49	10,84
Nó 105	110,50	42,49	11,22
Nó 106	110,50	42,49	11,32
Nó 107	111,50	41,49	17,40
Nó 108	112,00	40,99	51,15
Nó 109	108,00	44,98	11,18
Nó 110	108,00	44,98	9,57
Nó 111	108,00	44,98	9,11
Nó 112	109,00	43,99	8,87

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 113	110,50	42,50	8,59
Nó 114	111,00	42,01	8,34
Nó 115	111,50	41,51	8,23
Nó 116	111,50	41,51	8,09
Nó 117	105,00	47,98	11,40
Nó 118	100,00	52,96	12,03
Nó 119	100,00	52,96	40,85
Nó 120	101,00	51,96	50,24
Nó 121	100,00	52,96	52,00
Nó 122	105,00	47,95	11,34
Nó 123	108,00	44,96	9,93
Nó 124	109,00	43,97	9,82
Nó 125	108,50	44,47	10,11
Nó 126	108,50	44,48	9,66
Nó 127	108,00	44,98	9,24
Nó 128	109,00	43,97	8,79
Nó 129	109,00	43,97	8,62
Nó 130	108,50	44,47	8,46
Nó 131	108,50	44,47	10,11
Nó 132	107,50	45,47	11,60
Nó 133	107,50	45,47	14,14
Nó 134	107,00	45,98	8,37
Nó 135	105,00	47,98	8,09
Nó 136	100,00	52,99	7,91
Nó 137	107,50	45,47	9,84
Nó 138	105,00	47,97	10,88
Nó 139	103,00	49,97	12,66
Nó 140	102,00	50,97	13,02
Nó 141	96,50	56,47	17,05
Nó 142	95,00	57,97	52,00
Nó 143	107,50	45,47	9,86
Nó 144	105,00	47,97	11,12
Nó 145	101,00	51,97	12,08
Nó 146	102,00	50,97	16,64
Nó 147	100,00	52,97	12,30
Nó 148	101,00	51,97	13,49
Nó 149	101,50	51,47	22,43

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 150	99,00	53,97	13,37
Nó 151	100,00	52,97	14,09
Nó 152	99,50	53,47	25,95
Nó 153	95,00	57,97	14,75
Nó 154	92,00	60,97	15,02
Nó 155	80,00	72,97	52,00
Nó 156	80,00	72,97	52,00
Nó 157	79,50	73,47	52,00
Nó 158	89,00	63,97	18,34
Nó 159	85,00	67,97	52,00
Nó 160	88,00	64,97	28,29
Nó 161	86,00	66,97	40,54
Nó 162	84,00	68,97	52,00
Nó 201	127,00	27,37	3,35
Nó 202	127,00	27,37	3,33
Nó 203	127,00	27,37	3,46
Nó 204	127,00	27,37	3,44
Nó 205	126,00	28,36	3,70
Nó 206	126,00	28,36	3,69
Nó 207	125,00	29,34	4,21
Nó 208	125,00	29,34	4,19
Nó 210	125,00	29,33	4,48
Nó 209	125,00	29,33	4,46
Nó 211	125,00	29,33	4,48
Nó 212	125,00	29,33	4,46
Nó 213	125,00	29,24	4,73
Nó 214	125,00	29,24	4,71
Nó 215	95,00	58,05	5,04
Nó 216	95,00	58,05	5,02
Nó 217	90,00	63,03	6,53
Nó 218	90,00	63,03	6,49
Nó 219	90,00	63,03	6,53
Nó 220	90,00	63,03	6,49
Nó 223	97,00	56,02	6,04
Nó 224	97,00	56,02	6,01

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 222	97,00	56,02	6,05
Nó 221	97,00	56,02	6,02
Nó 225	100,00	53,02	8,14
Nó 226	100,00	53,02	8,11
Nó 227	111,50	41,52	8,07
Nó 228	111,50	41,52	8,04
Nó 231	111,50	41,52	7,98
Nó 232	111,50	41,52	8,01
Nó 229	111,50	41,52	8,07
Nó 230	111,50	41,52	8,04
Nó 233	108,00	44,98	9,14
Nó 234	108,00	44,98	9,17
Nó 237	92,00	60,97	15,12
Nó 238	92,00	60,97	15,05
Nó 235	92,00	60,97	15,05
Nó 236	92,00	60,97	14,99
Nó 239	89,00	63,97	18,36
Nó 240	89,00	63,97	18,27
RNF 1	155,00	0,00	0,00

## Anexo IV – Propriedades e idade da água dos nós na hora de maior consumo, idade inicial de “0”

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 2	150,00	4,81	0,15
Nó 3	147,00	7,70	0,24
Nó 4	143,00	11,08	0,73
Nó 5	141,00	12,53	0,81
Nó 6	139,00	14,96	0,89
Nó 7	138,00	15,86	0,98
Nó 8	135,00	18,65	1,14
Nó 9	129,00	24,09	1,58
Nó 10	130,00	23,09	9,04
Nó 11	128,00	24,59	68,00
Nó 12	128,00	24,90	1,74
Nó 13	128,00	24,90	7,25
Nó 14	127,50	25,33	1,82
Nó 15	128,00	24,83	64,89
Nó 16	127,00	25,73	1,90
Nó 17	127,00	25,59	2,14
Nó 18	126,50	26,09	3,09
Nó 19	126,50	26,09	5,24
Nó 20	125,00	27,59	6,41
Nó 21	125,50	27,09	10,19
Nó 22	125,00	27,59	68,00
Nó 23	125,00	27,59	68,00
Nó 24	125,00	27,59	68,00
Nó 25	125,00	27,59	68,00
Nó 26	126,00	26,56	2,23
Nó 27	128,00	24,56	11,75
Nó 28	126,00	26,54	2,39
Nó 29	126,00	26,54	2,36
Nó 30	127,00	25,54	5,02
Nó 31	128,00	24,54	10,25
Nó 32	125,00	27,52	2,57
Nó 33	125,00	27,50	2,80
Nó 34	125,00	27,49	2,89
Nó 35	125,00	27,48	2,79
Nó 36	125,00	27,48	4,13
Nó 37	126,00	26,48	7,10
Nó 38	125,00	27,46	2,98

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 39	125,00	27,45	3,08
Nó 40	130,50	21,78	68,00
Nó 41	129,00	23,28	29,78
Nó 42	127,50	24,78	12,16
Nó 43	127,00	25,28	7,50
Nó 44	126,00	26,28	5,00
Nó 45	125,00	27,28	3,75
Nó 46	125,00	27,28	3,51
Nó 47	125,00	27,43	3,29
Nó 48	125,00	27,35	3,41
Nó 49	125,00	27,27	4,09
Nó 50	125,00	27,27	4,56
Nó 51	125,00	27,27	10,75
Nó 52	125,00	27,27	36,49
Nó 53	125,00	27,27	4,82
Nó 54	125,00	27,27	5,48
Nó 55	125,00	27,27	6,19
Nó 56	126,50	25,77	7,18
Nó 57	126,50	25,77	10,97
Nó 58	125,00	27,27	26,56
Nó 59	125,00	27,27	53,31
Nó 60	122,00	29,95	3,29
Nó 61	116,00	35,95	42,51
Nó 62	115,00	36,95	68,00
Nó 63	116,00	35,37	3,40
Nó 64	115,00	35,37	3,50
Nó 65	115,00	35,13	3,60
Nó 66	115,00	35,13	12,18
Nó 67	110,00	38,72	3,70
Nó 68	95,00	51,95	3,83
Nó 69	97,00	49,84	4,70
Nó 70	102,00	44,84	14,33
Nó 71	102,00	44,84	25,42
Nó 72	102,50	44,34	33,69
Nó 73	102,00	44,84	55,37
Nó 74	97,00	49,84	5,28
Nó 75	99,00	47,83	13,50

**Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"**

ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 76	100,00	46,83	6,73
Nó 77	103,00	43,81	7,15
Nó 78	105,00	41,79	7,44
Nó 79	110,00	36,78	7,78
Nó 80	110,00	36,78	7,19
Nó 81	90,00	56,93	4,16
Nó 82	90,00	56,86	5,18
Nó 83	87,00	59,81	5,48
Nó 84	87,00	59,76	5,73
Nó 85	86,00	60,72	5,96
Nó 86	84,50	62,22	56,48
Nó 87	102,00	44,85	5,69
Nó 88	102,00	44,85	31,54
Nó 89	109,00	37,83	6,19
Nó 90	111,50	35,32	6,75
Nó 91	110,50	36,25	7,28
Nó 92	111,50	35,25	7,71
Nó 93	112,00	34,75	8,30
Nó 94	113,00	33,74	9,72
Nó 95	115,00	31,74	11,42
Nó 96	115,00	31,74	68,00
Nó 97	116,50	30,24	55,58
Nó 98	110,50	36,20	7,56
Nó 99	110,50	36,20	8,00
Nó 100	110,50	36,19	8,27
Nó 101	110,50	36,19	30,43
Nó 102	110,50	36,20	10,99
Nó 103	111,00	35,70	26,32
Nó 104	110,50	36,19	8,95
Nó 105	110,50	36,19	9,21
Nó 106	110,50	36,18	9,29
Nó 107	111,50	35,18	16,,20
Nó 108	112,00	34,68	49,30
Nó 109	108,00	38,67	9,68
Nó 110	108,00	38,67	10,04
Nó 111	108,00	38,67	7,77
Nó 112	109,00	37,70	7,54

**Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"**

ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 113	110,50	36,23	7,30
Nó 114	111,00	35,77	7,11
Nó 115	111,50	35,28	7,02
Nó 116	111,50	35,31	6,92
Nó 117	105,00	41,65	9,95
Nó 118	100,00	46,61	10,70
Nó 119	100,00	46,61	38,59
Nó 120	101,00	45,61	47,90
Nó 121	100,00	46,61	67,58
Nó 122	105,00	41,59	11,06
Nó 123	108,00	38,59	9,14
Nó 124	109,00	37,59	8,80
Nó 125	108,50	38,11	8,50
Nó 126	108,50	38,13	8,18
Nó 127	108,00	38,66	7,86
Nó 128	109,00	37,59	8,62
Nó 129	109,00	37,59	7,42
Nó 130	108,50	38,09	6,87
Nó 131	108,50	38,08	7,46
Nó 132	107,50	39,08	8,46
Nó 133	107,50	39,07	11,27
Nó 134	107,00	39,60	6,77
Nó 135	105,00	41,63	6,50
Nó 136	100,00	46,65	6,35
Nó 137	107,50	39,09	7,35
Nó 138	105,00	41,59	7,95
Nó 139	103,00	43,59	9,40
Nó 140	102,00	44,59	9,86
Nó 141	96,50	50,09	15,29
Nó 142	95,00	51,59	68,00
Nó 143	107,50	39,08	9,05
Nó 144	105,00	41,57	9,63
Nó 145	101,00	45,57	10,08
Nó 146	102,00	44,57	14,65
Nó 147	100,00	46,57	10,20
Nó 148	101,00	45,57	10,42
Nó 149	101,50	45,07	21,05

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 150	99,00	47,56	10,41
Nó 151	100,00	46,56	10,70
Nó 152	99,50	47,06	23,35
Nó 153	95,00	51,56	11,17
Nó 154	92,00	54,56	11,62
Nó 155	80,00	66,56	66,33
Nó 156	80,00	66,56	68,00
Nó 157	79,50	67,06	68,00
Nó 158	89,00	57,56	18,14
Nó 159	85,00	61,56	68,00
Nó 160	88,00	58,56	27,58
Nó 161	86,00	60,56	39,76
Nó 162	84,00	62,56	68,00
Nó 201	127,00	25,59	2,03
Nó 202	127,00	25,59	2,04
Nó 203	127,00	25,59	2,23
Nó 204	127,00	25,59	2,24
Nó 205	126,00	26,54	2,45
Nó 206	126,00	26,54	2,46
Nó 207	125,00	27,48	2,88
Nó 208	125,00	27,48	2,89
Nó 210	125,00	27,44	3,18
Nó 209	125,00	27,44	3,19
Nó 211	125,00	27,45	3,18
Nó 212	125,00	27,45	3,19
Nó 213	125,00	27,28	3,61
Nó 214	125,00	27,28	3,63
Nó 215	95,00	51,95	3,92
Nó 216	95,00	51,95	3,92
Nó 217	90,00	56,86	5,25
Nó 218	90,00	56,86	5,24
Nó 219	90,00	56,86	5,25
Nó 220	90,00	56,86	5,24
Nó 223	97,00	49,84	4,80
Nó 224	97,00	49,84	4,80

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "0"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 222	97,00	49,84	4,80
Nó 221	97,00	49,84	4,80
Nó 225	100,00	46,83	6,82
Nó 226	100,00	46,83	6,82
Nó 227	111,50	35,32	6,84
Nó 228	111,50	35,32	6,84
Nó 231	111,50	35,32	6,66
Nó 232	111,50	35,32	6,65
Nó 229	111,50	35,32	6,84
Nó 230	111,50	35,32	6,84
Nó 233	108,00	38,67	7,86
Nó 234	108,00	38,67	7,86
Nó 237	92,00	54,56	11,83
Nó 238	92,00	54,56	11,93
Nó 235	92,00	54,56	11,76
Nó 236	92,00	54,56	11,86
Nó 239	89,00	57,56	18,83
Nó 240	89,00	57,56	18,87
RNF 1	155,00	0,00	0,00

## Anexo V – Propriedades e idade da água dos nós na hora de menor consumo, idade inicial de “10”

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 2	150,00	4,95	10,28
Nó 3	147,00	7,92	10,43
Nó 4	143,00	11,76	11,32
Nó 5	141,00	13,25	11,40
Nó 6	139,00	15,73	11,51
Nó 7	138,00	16,71	11,65
Nó 8	135,00	19,65	11,95
Nó 9	129,00	25,51	12,70
Nó 10	130,00	24,51	21,76
Nó 11	128,00	26,01	52,00
Nó 12	128,00	26,46	12,96
Nó 13	128,00	26,46	19,74
Nó 14	127,50	26,94	13,06
Nó 15	128,00	26,44	52,00
Nó 16	127,00	27,41	13,18
Nó 17	127,00	27,37	13,40
Nó 18	126,50	27,87	15,69
Nó 19	126,50	27,87	18,14
Nó 20	125,00	29,37	19,09
Nó 21	125,50	28,87	22,98
Nó 22	125,00	29,37	52,00
Nó 23	125,00	29,37	52,00
Nó 24	125,00	29,37	52,00
Nó 25	125,00	29,37	52,00
Nó 26	126,00	28,37	13,48
Nó 27	128,00	26,37	24,97
Nó 28	126,00	28,36	13,68
Nó 29	126,00	28,36	13,63
Nó 30	127,00	27,36	18,07
Nó 31	128,00	26,36	23,12
Nó 32	125,00	29,35	13,89
Nó 33	125,00	29,35	14,16
Nó 34	125,00	29,34	14,26
Nó 35	125,00	29,34	14,15
Nó 36	125,00	29,34	16,92
Nó 37	126,00	28,34	19,87
Nó 38	125,00	29,34	14,36

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 39	125,00	29,33	14,42
Nó 40	130,50	23,74	52,00
Nó 41	129,00	25,24	42,87
Nó 42	127,50	26,74	25,15
Nó 43	127,00	27,24	20,4
Nó 44	126,00	28,24	17,75
Nó 45	125,00	29,24	15,41
Nó 46	125,00	29,24	14,67
Nó 47	125,00	29,32	14,52
Nó 48	125,00	29,27	14,60
Nó 49	125,00	29,24	16,08
Nó 50	125,00	29,23	16,97
Nó 51	125,00	29,23	23,08
Nó 52	125,00	29,23	47,35
Nó 53	125,00	29,23	17,39
Nó 54	125,00	29,23	18,46
Nó 55	125,00	29,23	19,30
Nó 56	126,50	27,73	20,15
Nó 57	126,50	27,73	23,77
Nó 58	125,00	29,23	35,82
Nó 59	125,00	29,23	52,00
Nó 60	122,00	32,22	14,52
Nó 61	116,00	38,22	53,24
Nó 62	115,00	39,22	52,00
Nó 63	116,00	38,09	14,58
Nó 64	115,00	38,86	14,66
Nó 65	115,00	38,8	14,72
Nó 66	115,00	38,8	25,19
Nó 67	110,00	43,47	14,84
Nó 68	95,00	58,05	14,99
Nó 69	97,00	56,02	15,99
Nó 70	102,00	51,02	26,77
Nó 71	102,00	51,02	34,25
Nó 72	102,50	50,52	46,53
Nó 73	102,00	51,02	52,00
Nó 74	97,00	56,02	16,56
Nó 75	99,00	54,02	25,95

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3, <sup>o</sup> dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 76	100,00	53,02	18,09
Nó 77	103,00	50,01	18,39
Nó 78	105,00	48,01	18,68
Nó 79	110,00	43,00	19,00
Nó 80	110,00	43,00	18,39
Nó 81	90,00	63,04	15,29
Nó 82	90,00	63,03	16,47
Nó 83	87,00	66,02	16,81
Nó 84	87,00	66,01	17,13
Nó 85	86,00	67,00	17,41
Nó 86	84,50	68,50	52,00
Nó 87	102,00	51,02	16,98
Nó 88	102,00	51,02	44,77
Nó 89	109,00	44,02	17,49
Nó 90	111,50	41,52	18,02
Nó 91	110,50	42,5	18,51
Nó 92	111,50	41,50	19,79
Nó 93	112,00	41,00	20,99
Nó 94	113,00	40,00	23,00
Nó 95	115,00	38,00	24,34
Nó 96	115,00	38,00	52,00
Nó 97	116,50	36,5	51,84
Nó 98	110,50	42,49	18,94
Nó 99	110,50	42,49	19,56
Nó 100	110,50	42,49	19,91
Nó 101	110,50	42,49	43,38
Nó 102	110,50	42,49	23,69
Nó 103	111,00	41,99	32,89
Nó 104	110,50	42,49	20,84
Nó 105	110,50	42,49	21,22
Nó 106	110,50	42,49	21,32
Nó 107	111,50	41,49	27,40
Nó 108	112,00	40,99	58,21
Nó 109	108,00	44,98	21,18
Nó 110	108,00	44,98	19,57
Nó 111	108,00	44,98	19,11
Nó 112	109,00	43,99	18,87

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3, <sup>o</sup> dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 113	110,50	42,50	18,59
Nó 114	111,00	42,01	18,34
Nó 115	111,50	41,51	18,23
Nó 116	111,50	41,51	18,09
Nó 117	105,00	47,98	21,40
Nó 118	100,00	52,96	22,03
Nó 119	100,00	52,96	50,85
Nó 120	101,00	51,96	59,68
Nó 121	100,00	52,96	52,00
Nó 122	105,00	47,95	21,34
Nó 123	108,00	44,96	19,93
Nó 124	109,00	43,97	19,82
Nó 125	108,50	44,47	20,11
Nó 126	108,50	44,48	19,66
Nó 127	108,00	44,98	19,24
Nó 128	109,00	43,97	18,79
Nó 129	109,00	43,97	18,62
Nó 130	108,50	44,47	18,46
Nó 131	108,50	44,47	20,11
Nó 132	107,50	45,47	21,60
Nó 133	107,50	45,47	24,14
Nó 134	107,00	45,98	18,37
Nó 135	105,00	47,98	18,09
Nó 136	100,00	52,99	17,91
Nó 137	107,50	45,47	19,84
Nó 138	105,00	47,97	20,88
Nó 139	103,00	49,97	22,66
Nó 140	102,00	50,97	23,02
Nó 141	96,50	56,47	27,05
Nó 142	95,00	57,97	52,00
Nó 143	107,50	45,47	19,86
Nó 144	105,00	47,97	21,12
Nó 145	101,00	51,97	22,08
Nó 146	102,00	50,97	26,64
Nó 147	100,00	52,97	22,3
Nó 148	101,00	51,97	23,49
Nó 149	101,50	51,47	32,43

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3,º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 150	99,00	53,97	23,37
Nó 151	100,00	52,97	24,09
Nó 152	99,50	53,47	35,95
Nó 153	95,00	57,97	24,75
Nó 154	92,00	60,97	25,02
Nó 155	80,00	72,97	52,00
Nó 156	80,00	72,97	52,00
Nó 157	79,50	73,47	52,00
Nó 158	89,00	63,97	28,34
Nó 159	85,00	67,97	52,00
Nó 160	88,00	64,97	38,29
Nó 161	86,00	66,97	50,54
Nó 162	84,00	68,97	52,00
Nó 201	127,00	27,37	13,35
Nó 202	127,00	27,37	13,33
Nó 203	127,00	27,37	13,46
Nó 204	127,00	27,37	13,44
Nó 205	126,00	28,36	13,70
Nó 206	126,00	28,36	13,69
Nó 207	125,00	29,34	14,21
Nó 208	125,00	29,34	14,19
Nó 210	125,00	29,33	14,48
Nó 209	125,00	29,33	14,46
Nó 211	125,00	29,33	14,48
Nó 212	125,00	29,33	14,46
Nó 213	125,00	29,24	14,73
Nó 214	125,00	29,24	14,71
Nó 215	95,00	58,05	15,04
Nó 216	95,00	58,05	15,02
Nó 217	90,00	63,03	16,53
Nó 218	90,00	63,03	16,49
Nó 219	90,00	63,03	16,53
Nó 220	90,00	63,03	16,49
Nó 223	97,00	56,02	16,04
Nó 224	97,00	56,02	16,01

Propriedades dos nós às 4:00 Horas, 3,º dia (Hora de menor consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 222	97,00	56,02	16,05
Nó 221	97,00	56,02	16,02
Nó 225	100,00	53,02	18,14
Nó 226	100,00	53,02	18,11
Nó 227	111,50	41,52	18,07
Nó 228	111,50	41,52	18,04
Nó 231	111,50	41,52	17,98
Nó 232	111,50	41,52	18,01
Nó 229	111,50	41,52	18,07
Nó 230	111,50	41,52	18,04
Nó 233	108,00	44,98	19,14
Nó 234	108,00	44,98	19,17
Nó 237	92,00	60,97	25,12
Nó 238	92,00	60,97	25,05
Nó 235	92,00	60,97	25,05
Nó 236	92,00	60,97	24,99
Nó 239	89,00	63,97	28,36
Nó 240	89,00	63,97	28,27
RNF 1	155,00	0,00	10,00

## Anexo VI – Propriedades e idade da água dos nós na hora de maior consumo, idade inicial de “10”

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 2	150,00	4,81	10,15
Nó 3	147,00	7,70	10,24
Nó 4	143,00	11,08	10,73
Nó 5	141,00	12,53	10,81
Nó 6	139,00	14,96	10,89
Nó 7	138,00	15,86	10,98
Nó 8	135,00	18,65	11,14
Nó 9	129,00	24,09	11,58
Nó 10	130,00	23,09	19,04
Nó 11	128,00	24,59	68,00
Nó 12	128,00	24,90	11,74
Nó 13	128,00	24,90	17,25
Nó 14	127,50	25,33	11,82
Nó 15	128,00	24,83	74,89
Nó 16	127,00	25,73	11,90
Nó 17	127,00	25,59	12,14
Nó 18	126,50	26,09	13,09
Nó 19	126,50	26,09	15,24
Nó 20	125,00	27,59	16,41
Nó 21	125,50	27,09	20,19
Nó 22	125,00	27,59	68,00
Nó 23	125,00	27,59	68,00
Nó 24	125,00	27,59	68,00
Nó 25	125,00	27,59	68,00
Nó 26	126,00	26,56	12,23
Nó 27	128,00	24,56	21,75
Nó 28	126,00	26,54	12,39
Nó 29	126,00	26,54	12,36
Nó 30	127,00	25,54	15,02
Nó 31	128,00	24,54	20,25
Nó 32	125,00	27,52	12,57
Nó 33	125,00	27,50	12,80
Nó 34	125,00	27,49	12,89
Nó 35	125,00	27,48	12,79
Nó 36	125,00	27,48	14,13
Nó 37	126,00	26,48	17,10
Nó 38	125,00	27,46	12,98

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 39	125,00	27,45	13,08
Nó 40	130,50	21,78	68,00
Nó 41	129,00	23,28	39,78
Nó 42	127,50	24,78	22,16
Nó 43	127,00	25,28	17,50
Nó 44	126,00	26,28	15,00
Nó 45	125,00	27,28	13,75
Nó 46	125,00	27,28	13,51
Nó 47	125,00	27,43	13,29
Nó 48	125,00	27,35	13,41
Nó 49	125,00	27,27	14,09
Nó 50	125,00	27,27	14,56
Nó 51	125,00	27,27	20,75
Nó 52	125,00	27,27	46,49
Nó 53	125,00	27,27	14,82
Nó 54	125,00	27,27	15,48
Nó 55	125,00	27,27	16,19
Nó 56	126,50	25,77	17,18
Nó 57	126,50	25,77	20,97
Nó 58	125,00	27,27	36,56
Nó 59	125,00	27,27	63,31
Nó 60	122,00	29,95	13,29
Nó 61	116,00	35,95	52,51
Nó 62	115,00	36,95	68,00
Nó 63	116,00	35,37	13,40
Nó 64	115,00	35,37	13,50
Nó 65	115,00	35,13	13,60
Nó 66	115,00	35,13	22,18
Nó 67	110,00	38,72	13,70
Nó 68	95,00	51,95	13,83
Nó 69	97,00	49,84	14,70
Nó 70	102,00	44,84	24,33
Nó 71	102,00	44,84	35,42
Nó 72	102,50	44,34	43,69
Nó 73	102,00	44,84	65,37
Nó 74	97,00	49,84	15,28
Nó 75	99,00	47,83	23,50

**Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"**

ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 76	100,00	46,83	16,73
Nó 77	103,00	43,81	17,15
Nó 78	105,00	41,79	17,44
Nó 79	110,00	36,78	17,78
Nó 80	110,00	36,78	17,19
Nó 81	90,00	56,93	14,16
Nó 82	90,00	56,86	15,18
Nó 83	87,00	59,81	15,48
Nó 84	87,00	59,76	15,73
Nó 85	86,00	60,72	15,96
Nó 86	84,50	62,22	66,48
Nó 87	102,00	44,85	15,69
Nó 88	102,00	44,85	41,54
Nó 89	109,00	37,83	16,19
Nó 90	111,50	35,32	16,75
Nó 91	110,50	36,25	17,28
Nó 92	111,50	35,25	17,71
Nó 93	112,00	34,75	18,30
Nó 94	113,00	33,74	19,72
Nó 95	115,00	31,74	21,42
Nó 96	115,00	31,74	68,00
Nó 97	116,50	30,24	65,58
Nó 98	110,50	36,20	17,56
Nó 99	110,50	36,20	18,00
Nó 100	110,50	36,19	18,27
Nó 101	110,50	36,19	40,43
Nó 102	110,50	36,20	20,99
Nó 103	111,00	35,70	36,32
Nó 104	110,50	36,19	18,95
Nó 105	110,50	36,19	19,21
Nó 106	110,50	36,18	19,29
Nó 107	111,50	35,18	26,20
Nó 108	112,00	34,68	59,30
Nó 109	108,00	38,67	19,68
Nó 110	108,00	38,67	20,04
Nó 111	108,00	38,67	17,77
Nó 112	109,00	37,70	17,54

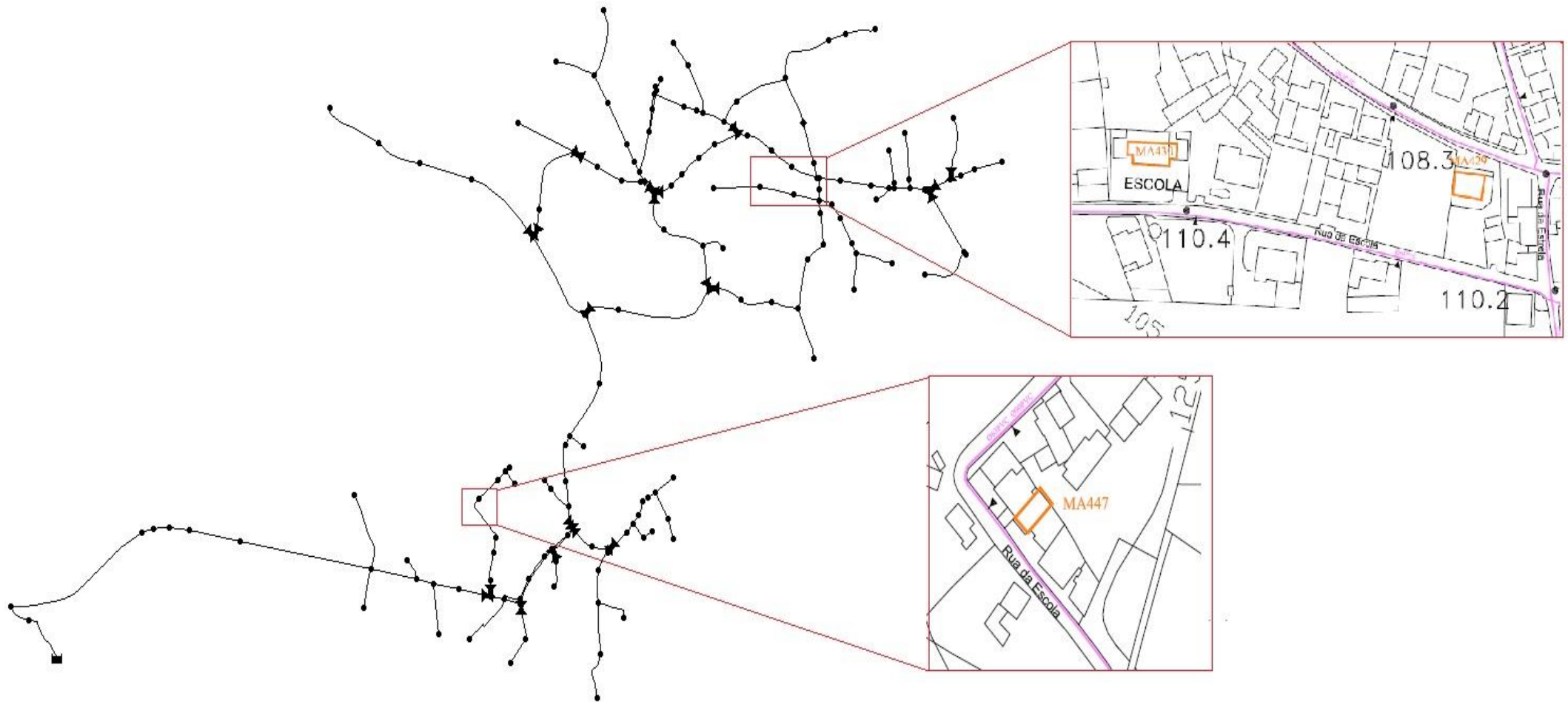
**Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"**

ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m c. a.	horas
Nó 113	110,50	36,23	17,30
Nó 114	111,00	35,77	17,11
Nó 115	111,50	35,28	17,02
Nó 116	111,50	35,31	16,92
Nó 117	105,00	41,65	19,95
Nó 118	100,00	46,61	20,70
Nó 119	100,00	46,61	48,59
Nó 120	101,00	45,61	57,90
Nó 121	100,00	46,61	67,58
Nó 122	105,00	41,59	21,06
Nó 123	108,00	38,59	19,14
Nó 124	109,00	37,59	18,80
Nó 125	108,50	38,11	18,50
Nó 126	108,50	38,13	18,18
Nó 127	108,00	38,66	17,86
Nó 128	109,00	37,59	18,62
Nó 129	109,00	37,59	17,42
Nó 130	108,50	38,09	16,87
Nó 131	108,50	38,08	17,46
Nó 132	107,50	39,08	18,46
Nó 133	107,50	39,07	21,27
Nó 134	107,00	39,60	16,77
Nó 135	105,00	41,63	16,50
Nó 136	100,00	46,65	16,35
Nó 137	107,50	39,09	17,35
Nó 138	105,00	41,59	17,95
Nó 139	103,00	43,59	19,40
Nó 140	102,00	44,59	19,86
Nó 141	96,50	50,09	25,29
Nó 142	95,00	51,59	68,00
Nó 143	107,50	39,08	19,05
Nó 144	105,00	41,57	19,63
Nó 145	101,00	45,57	20,08
Nó 146	102,00	44,57	24,65
Nó 147	100,00	46,57	20,20
Nó 148	101,00	45,57	20,42
Nó 149	101,50	45,07	31,05

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3,º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m	horas
Nó 150	99,00	47,56	20,41
Nó 151	100,00	46,56	20,70
Nó 152	99,50	47,06	33,35
Nó 153	95,00	51,56	21,17
Nó 154	92,00	54,56	21,62
Nó 155	80,00	66,56	76,30
Nó 156	80,00	66,56	68,00
Nó 157	79,50	67,06	68,00
Nó 158	89,00	57,56	28,14
Nó 159	85,00	61,56	68,00
Nó 160	88,00	58,56	37,58
Nó 161	86,00	60,56	49,76
Nó 162	84,00	62,56	68,00
Nó 201	127,00	25,59	12,03
Nó 202	127,00	25,59	12,04
Nó 203	127,00	25,59	12,23
Nó 204	127,00	25,59	12,24
Nó 205	126,00	26,54	12,45
Nó 206	126,00	26,54	12,46
Nó 207	125,00	27,48	12,88
Nó 208	125,00	27,48	12,89
Nó 210	125,00	27,44	13,18
Nó 209	125,00	27,44	13,19
Nó 211	125,00	27,45	13,18
Nó 212	125,00	27,45	13,19
Nó 213	125,00	27,28	13,61
Nó 214	125,00	27,28	13,63
Nó 215	95,00	51,95	13,92
Nó 216	95,00	51,95	13,92
Nó 217	90,00	56,86	15,25
Nó 218	90,00	56,86	15,24
Nó 219	90,00	56,86	15,25
Nó 220	90,00	56,86	15,24
Nó 223	97,00	49,84	14,80
Nó 224	97,00	49,84	14,80

Propriedades dos nós às 20:00 Horas, 3,º dia (Hora de maior consumo) Idade inicial no reservatório igual "10"			
ID do Nó	Cota	Pressão	Idade
	m	m	horas
Nó 222	97,00	49,84	14,80
Nó 221	97,00	49,84	14,80
Nó 225	100,00	46,83	16,82
Nó 226	100,00	46,83	16,82
Nó 227	111,50	35,32	16,84
Nó 228	111,50	35,32	16,84
Nó 231	111,50	35,32	16,66
Nó 232	111,50	35,32	16,65
Nó 229	111,50	35,32	16,84
Nó 230	111,50	35,32	16,84
Nó 233	108,00	38,67	17,86
Nó 234	108,00	38,67	17,86
Nó 237	92,00	54,56	21,83
Nó 238	92,00	54,56	21,93
Nó 235	92,00	54,56	21,76
Nó 236	92,00	54,56	21,86
Nó 239	89,00	57,56	28,83
Nó 240	89,00	57,56	28,87
RNF 1	155,00	0,00	10,00

## Anexo VII – Localização dos pontos de amostragem



## Anexo VIII – Concentrações estimadas no reservatório e nos pontos de amostragem

Controlo operacional do cloro residual à saída do reservatório - Maceirinha				
Data e hora	Resultado tratado	Concentração média por ano	Unidade	
05/01/2011 11:45	0,7	0,544	mg/L (Cl <sup>2</sup> )	
21/02/2011 12:00	0,6			
19/04/2011 12:50	0,5			
30/05/2011 12:20	0,38			
14/06/2011 12:10	0,25			
11/07/2011 12:00	0,41			
31/08/2011 10:20	0,5			
28/09/2011 10:30	0,6			
25/10/2011 11:45	0,7			
15/11/2011 12:00	0,8			
17/01/2012 12:10	0,6			0,642
13/02/2012 12:10	0,8			
19/03/2012 12:25	0,5			
02/04/2012 12:35	0,8			
02/05/2012 12:20	0,8			
05/06/2012 10:55	0,5			
25/07/2012 13:00	0,5			
07/08/2012 12:20	0,5			
25/09/2012 12:15	0,8			
30/10/2012 11:30	0,7			
14/11/2012 12:40	0,6			
05/12/2012 12:40	0,6			
14/01/2013 12:35	0,7	0,636		
11/02/2013 12:00	0,8			
11/03/2013 13:35	0,9			
03/04/2013 11:35	0,7			
20/05/2013 13:05	0,7			
11/06/2013 11:55	0,45			
09/07/2013 12:20	0,36			
28/08/2013 11:45	0,6			
03/09/2013 12:55	0,6			
02/10/2013 12:05	0,42			
26/11/2013 11:35	0,5			
04/12/2013 13:00	0,9			
07/01/2014 11:00	0,6			0,600
03/02/2014 11:30	0,7			
24/03/2014 12:10	0,5			
01/04/2014 11:40	0,7			
14/05/2014 00:00	0,5			

Controlo operacional do cloro em pontos de amostragem - Vale Salgueiro, Costa de Cima e Costa de Baixo				
Local	Data e hora	Resultado tratado	Valor de referência médio	Unidade
Café Estrela – MA429	29/06/2011 11:35	0,5	0,567	mg/L (Cl <sup>2</sup> )
	02/07/2012 16:00	0,6		
	28/08/2013 12:05	0,6		
Jardim Infância Costas – MA430	31/10/2011 12:10	0,8	0,633	
	29/10/2012 12:35	0,6		
	28/01/2013 14:30	0,5		
Bombas Gasolina Total - A Boutique – MA447	28/09/2011 10:50	0,5	0,538	
	08/05/2012 09:35	0,6		
	30/04/2013 11:40	0,35		
	29/01/2014 12:50	0,7		

## Anexo IX – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de menor consumo, concentração inicial de 0,65 mg/L

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 1	0,13	0,65
Tubagem 2	0,13	0,65
Tubagem 3	0,13	0,64
Tubagem 4	0,13	0,63
Tubagem 5	0,13	0,62
Tubagem 6	0,13	0,62
Tubagem 7	0,13	0,62
Tubagem 8	0,13	0,62
Tubagem 9	0,00	0,56
Tubagem 10	0,00	0,18
Tubagem 11	0,13	0,62
Tubagem 12	0,00	0,56
Tubagem 13	0,13	0,62
Tubagem 14	0,00	0,31
Tubagem 15	0,13	0,61
Tubagem 16	0,13	0,61
Tubagem 17	0,00	0,59
Tubagem 18	0,00	0,56
Tubagem 19	0,00	0,54
Tubagem 20	0,00	0,52
Tubagem 21	0,00	0,24
Tubagem 22	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00
Tubagem 25	0,10	0,61
Tubagem 26	0,00	0,54
Tubagem 27	0,07	0,61
Tubagem 28	0,00	0,57
Tubagem 29	0,00	0,53
Tubagem 30	0,06	0,61
Tubagem 31	0,06	0,61
Tubagem 32	0,05	0,60
Tubagem 33	0,05	0,60
Tubagem 34	0,07	0,60
Tubagem 35	0,00	0,58

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 36	0,00	0,55
Tubagem 37	0,05	0,60
Tubagem 38	0,07	0,60
Tubagem 39	0,09	0,60
Tubagem 40	0,00	0,03
Tubagem 41	0,00	0,44
Tubagem 42	0,00	0,50
Tubagem 43	0,00	0,54
Tubagem 44	0,00	0,57
Tubagem 45	0,00	0,59
Tubagem 47	0,14	0,60
Tubagem 48	0,14	0,60
Tubagem 49	0,14	0,60
Tubagem 50	0,01	0,58
Tubagem 51	0,01	0,57
Tubagem 53	0,00	0,40
Tubagem 54	0,00	0,53
Tubagem 55	0,00	0,55
Tubagem 56	0,00	0,55
Tubagem 57	0,00	0,54
Tubagem 58	0,00	0,53
Tubagem 59	0,00	0,51
Tubagem 60	0,00	0,48
Tubagem 61	0,00	0,31
Tubagem 62	0,24	0,60
Tubagem 63	0,00	0,43
Tubagem 64	0,00	0,00
Tubagem 65	0,24	0,60
Tubagem 66	0,24	0,60
Tubagem 67	0,23	0,59
Tubagem 68	0,00	0,53
Tubagem 69	0,23	0,59
Tubagem 70	0,23	0,59
Tubagem 71	0,04	0,58
Tubagem 72	0,00	0,51

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 73	0,00	0,43
Tubagem 74	0,00	0,35
Tubagem 75	0,00	0,22
Tubagem 76	0,00	0,50
Tubagem 77	0,04	0,54
Tubagem 78	0,04	0,54
Tubagem 79	0,04	0,54
Tubagem 80	0,04	0,54
Tubagem 81	0,02	0,57
Tubagem 82	0,02	0,56
Tubagem 83	0,05	0,59
Tubagem 84	0,05	0,58
Tubagem 85	0,04	0,57
Tubagem 86	0,04	0,56
Tubagem 87	0,04	0,56
Tubagem 88	0,00	0,37
Tubagem 89	0,04	0,57
Tubagem 90	0,00	0,47
Tubagem 91	0,04	0,57
Tubagem 92	0,04	0,56
Tubagem 93	0,09	0,56
Tubagem 94	0,04	0,55
Tubagem 95	0,00	0,54
Tubagem 96	0,00	0,52
Tubagem 97	0,00	0,50
Tubagem 98	0,00	0,49
Tubagem 99	0,00	0,15
Tubagem 100	0,00	0,31
Tubagem 101	0,04	0,55
Tubagem 102	0,02	0,53
Tubagem 103	0,02	0,53
Tubagem 104	0,00	0,46
Tubagem 105	0,00	0,5
Tubagem 106	0,00	0,43
Tubagem 107	0,02	0,53

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 108	0,02	0,53
Tubagem 109	0,03	0,53
Tubagem 110	0,00	0,48
Tubagem 111	0,00	0,36
Tubagem 112	0,03	0,52
Tubagem 113	0,01	0,53
Tubagem 114	0,01	0,53
Tubagem 115	0,05	0,53
Tubagem 116	0,05	0,55
Tubagem 117	0,05	0,56
Tubagem 118	0,05	0,56
Tubagem 119	0,05	0,56
Tubagem 120	0,05	0,56
Tubagem 121	0,04	0,52
Tubagem 122	0,04	0,50
Tubagem 123	0,00	0,39
Tubagem 124	0,00	0,27
Tubagem 125	0,00	0,02
Tubagem 126	0,04	0,50
Tubagem 127	0,05	0,52
Tubagem 128	0,05	0,53
Tubagem 129	0,03	0,52
Tubagem 130	0,03	0,53
Tubagem 131	0,03	0,53
Tubagem 132	0,03	0,53
Tubagem 133	0,02	0,54
Tubagem 134	0,03	0,54
Tubagem 135	0,03	0,54
Tubagem 136	0,01	0,53
Tubagem 137	0,00	0,52
Tubagem 138	0,00	0,49
Tubagem 139	0,04	0,55
Tubagem 140	0,04	0,55
Tubagem 141	0,04	0,55
Tubagem 142	0,04	0,55

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 143	0,00	0,53
Tubagem 144	0,00	0,52
Tubagem 145	0,00	0,50
Tubagem 146	0,00	0,49
Tubagem 147	0,00	0,08
Tubagem 148	0,01	0,48
Tubagem 149	0,01	0,52
Tubagem 150	0,01	0,52
Tubagem 151	0,00	0,51
Tubagem 152	0,01	0,47
Tubagem 153	0,00	0,49
Tubagem 154	0,00	0,49
Tubagem 155	0,01	0,45
Tubagem 156	0,00	0,49
Tubagem 157	0,00	0,49
Tubagem 158	0,00	0,44
Tubagem 159	0,00	0,48
Tubagem 160	0,00	0,46
Tubagem 161	0,00	0,26
Tubagem 162	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00
Tubagem 164	0,00	0,45
Tubagem 165	0,00	0,08
Tubagem 166	0,00	0,41
Tubagem 167	0,00	0,34
Tubagem 168	0,13	0,03
Tubagem 401	0,00	0,61
Tubagem 402	0,00	0,61
Tubagem 403	0,00	0,61
Tubagem 404	0,24	0,60
Tubagem 405	0,14	0,60
Tubagem 406	0,01	0,60
Tubagem 407	0,05	0,59
Tubagem 408	0,04	0,59
Tubagem 409	0,00	0,57

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 410	0,09	0,57
Tubagem 411	0,04	0,56
Tubagem 412	0,01	0,56
Tubagem 413	0,00	0,55
Tubagem 414	0,05	0,56
Tubagem 415	0,09	0,56
Tubagem 416	0,04	0,56
Tubagem 417	0,01	0,53
Tubagem 418	0,00	0,46
Tubagem 419	0,00	0,46
Tubagem 420	0,00	0,43

## Anexo X – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de maior consumo, concentração inicial de 0,65 mg/L

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 1	0,26	0,65
Tubagem 2	0,26	0,65
Tubagem 3	0,26	0,64
Tubagem 4	0,26	0,64
Tubagem 5	0,26	0,64
Tubagem 6	0,26	0,64
Tubagem 7	0,26	0,64
Tubagem 8	0,26	0,63
Tubagem 9	0,00	0,58
Tubagem 10	0,00	0,23
Tubagem 11	0,26	0,63
Tubagem 12	0,00	0,60
Tubagem 13	0,26	0,63
Tubagem 14	0,00	0,38
Tubagem 15	0,26	0,63
Tubagem 16	0,26	0,63
Tubagem 17	0,02	0,61
Tubagem 18	0,01	0,60
Tubagem 19	0,01	0,58
Tubagem 20	0,01	0,54
Tubagem 21	0,00	0,31
Tubagem 22	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00
Tubagem 25	0,19	0,62
Tubagem 26	0,01	0,57
Tubagem 27	0,13	0,62
Tubagem 28	0,01	0,60
Tubagem 29	0,01	0,56
Tubagem 30	0,11	0,62
Tubagem 31	0,11	0,62
Tubagem 32	0,11	0,62
Tubagem 33	0,11	0,62
Tubagem 34	0,13	0,62
Tubagem 35	0,01	0,58

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 36	0,01	0,61
Tubagem 37	0,11	0,05
Tubagem 38	0,13	0,45
Tubagem 39	0,18	0,53
Tubagem 40	0,00	0,57
Tubagem 41	0,00	0,59
Tubagem 42	0,01	0,61
Tubagem 43	0,01	0,61
Tubagem 44	0,01	0,61
Tubagem 45	0,02	0,61
Tubagem 47	0,19	0,60
Tubagem 48	0,18	0,59
Tubagem 49	0,18	0,40
Tubagem 50	0,04	0,56
Tubagem 51	0,04	0,59
Tubagem 53	0,00	0,58
Tubagem 54	0,00	0,58
Tubagem 55	0,02	0,56
Tubagem 56	0,02	0,53
Tubagem 57	0,01	0,48
Tubagem 58	0,01	0,34
Tubagem 59	0,01	0,61
Tubagem 60	0,00	0,44
Tubagem 61	0,00	0,00
Tubagem 62	0,53	0,61
Tubagem 63	0,00	0,61
Tubagem 64	0,00	0,61
Tubagem 65	0,52	0,56
Tubagem 66	0,52	0,61
Tubagem 67	0,52	0,60
Tubagem 68	0,00	0,59
Tubagem 69	0,51	0,54
Tubagem 70	0,51	0,61
Tubagem 71	0,09	0,05
Tubagem 72	0,01	0,45

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 73	0,01	0,44
Tubagem 74	0,01	0,36
Tubagem 75	0,00	0,27
Tubagem 76	0,01	0,53
Tubagem 77	0,07	0,56
Tubagem 78	0,07	0,56
Tubagem 79	0,06	0,56
Tubagem 80	0,06	0,54
Tubagem 81	0,04	0,59
Tubagem 82	0,04	0,57
Tubagem 83	0,10	0,60
Tubagem 84	0,10	0,59
Tubagem 85	0,11	0,59
Tubagem 86	0,11	0,58
Tubagem 87	0,11	0,58
Tubagem 88	0,00	0,41
Tubagem 89	0,07	0,59
Tubagem 90	0,00	0,48
Tubagem 91	0,07	0,58
Tubagem 92	0,07	0,58
Tubagem 93	0,15	0,57
Tubagem 94	0,14	0,56
Tubagem 95	0,03	0,56
Tubagem 96	0,03	0,55
Tubagem 97	0,02	0,54
Tubagem 98	0,02	0,51
Tubagem 99	0,00	0,18
Tubagem 100	0,00	0,35
Tubagem 101	0,10	0,56
Tubagem 102	0,05	0,55
Tubagem 103	0,05	0,55
Tubagem 104	0,00	0,45
Tubagem 105	0,01	0,53
Tubagem 106	0,00	0,41
Tubagem 107	0,04	0,55

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 108	0,04	0,55
Tubagem 109	0,08	0,54
Tubagem 110	0,01	0,51
Tubagem 111	0,00	0,37
Tubagem 112	0,07	0,54
Tubagem 113	0,00	0,52
Tubagem 114	0,00	0,54
Tubagem 115	0,10	0,56
Tubagem 116	0,10	0,56
Tubagem 117	0,11	0,56
Tubagem 118	0,11	0,56
Tubagem 119	0,12	0,56
Tubagem 120	0,12	0,57
Tubagem 121	0,07	0,52
Tubagem 122	0,07	0,52
Tubagem 123	0,00	0,40
Tubagem 124	0,00	0,28
Tubagem 125	0,00	0,18
Tubagem 126	0,06	0,51
Tubagem 127	0,02	0,52
Tubagem 128	0,02	0,55
Tubagem 129	0,07	0,55
Tubagem 130	0,07	0,55
Tubagem 131	0,08	0,55
Tubagem 132	0,09	0,56
Tubagem 133	0,04	0,55
Tubagem 134	0,01	0,55
Tubagem 135	0,01	0,55
Tubagem 136	0,04	0,55
Tubagem 137	0,04	0,55
Tubagem 138	0,02	0,52
Tubagem 139	0,09	0,56
Tubagem 140	0,09	0,56
Tubagem 141	0,10	0,58
Tubagem 142	0,10	0,58

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo)      Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 143	0,03	0,55
Tubagem 144	0,02	0,55
Tubagem 145	0,02	0,54
Tubagem 146	0,02	0,52
Tubagem 147	0,00	0,10
Tubagem 148	0,01	0,50
Tubagem 149	0,05	0,54
Tubagem 150	0,05	0,53
Tubagem 151	0,04	0,52
Tubagem 152	0,01	0,50
Tubagem 153	0,04	0,52
Tubagem 154	0,01	0,52
Tubagem 155	0,00	0,47
Tubagem 156	0,03	0,52
Tubagem 157	0,01	0,51
Tubagem 158	0,00	0,45
Tubagem 159	0,02	0,51
Tubagem 160	0,01	0,51
Tubagem 161	0,00	0,34
Tubagem 162	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00
Tubagem 164	0,01	0,47
Tubagem 165	0,00	0,11
Tubagem 166	0,00	0,41
Tubagem 167	0,00	0,34
Tubagem 168	0,00	0,06
Tubagem 401	0,26	0,63
Tubagem 402	0,02	0,62
Tubagem 403	0,01	0,62
Tubagem 404	0,01	0,62
Tubagem 405	0,53	0,61
Tubagem 406	0,19	0,61
Tubagem 407	0,04	0,61
Tubagem 408	0,10	0,60
Tubagem 409	0,11	0,59

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo)      Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 410	0,07	0,59
Tubagem 411	0,04	0,59
Tubagem 412	0,01	0,59
Tubagem 413	0,07	0,56
Tubagem 414	0,12	0,56
Tubagem 415	0,15	0,56
Tubagem 416	0,07	0,56
Tubagem 417	0,00	0,56
Tubagem 418	0,01	0,51
Tubagem 419	0,00	0,51
Tubagem 420	0,00	0,44

## Anexo XI – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de menor consumo, com válvulas 308, 309 e 310 fechadas, e concentração inicial de 0,65 mg/L

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 1	0,12	0,65
Tubagem 2	0,12	0,65
Tubagem 3	0,12	0,64
Tubagem 4	0,12	0,64
Tubagem 5	0,12	0,63
Tubagem 6	0,12	0,62
Tubagem 7	0,12	0,62
Tubagem 8	0,12	0,62
Tubagem 9	0,00	0,56
Tubagem 10	0,00	0,18
Tubagem 11	0,12	0,62
Tubagem 12	0,00	0,56
Tubagem 13	0,12	0,61
Tubagem 14	0,00	0,31
Tubagem 15	0,12	0,61
Tubagem 16	0,12	0,61
Tubagem 17	0,00	0,59
Tubagem 18	0,00	0,56
Tubagem 19	0,00	0,54
Tubagem 20	0,00	0,52
Tubagem 21	0,00	0,24
Tubagem 22	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00
Tubagem 25	0,09	0,61
Tubagem 26	0,00	0,54
Tubagem 27	0,07	0,61
Tubagem 28	0,00	0,57
Tubagem 29	0,00	0,53
Tubagem 30	0,05	0,61
Tubagem 31	0,05	0,60
Tubagem 32	0,05	0,60
Tubagem 33	0,05	0,60
Tubagem 34	0,07	0,60
Tubagem 35	0,00	0,58

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 36	0,09	0,60
Tubagem 37	0,00	0,03
Tubagem 38	0,00	0,44
Tubagem 39	0,00	0,5
Tubagem 40	0,00	0,54
Tubagem 41	0,00	0,57
Tubagem 42	0,00	0,58
Tubagem 43	0,14	0,60
Tubagem 44	0,14	0,60
Tubagem 45	0,14	0,59
Tubagem 47	0,01	0,58
Tubagem 48	0,01	0,57
Tubagem 49	0,00	0,40
Tubagem 50	0,00	0,53
Tubagem 51	0,00	0,55
Tubagem 53	0,00	0,54
Tubagem 54	0,00	0,54
Tubagem 55	0,00	0,52
Tubagem 56	0,00	0,50
Tubagem 57	0,00	0,48
Tubagem 58	0,00	0,31
Tubagem 59	0,23	0,60
Tubagem 60	0,00	0,43
Tubagem 61	0,00	0,00
Tubagem 62	0,23	0,60
Tubagem 63	0,23	0,60
Tubagem 64	0,23	0,59
Tubagem 65	0,00	0,53
Tubagem 66	0,23	0,59
Tubagem 67	0,23	0,59
Tubagem 68	0,23	0,59
Tubagem 69	0,00	0,52
Tubagem 70	0,09	0,60
Tubagem 71	0,00	0,03
Tubagem 72	0,00	0,44

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 73	0,00	0,44
Tubagem 74	0,00	0,36
Tubagem 75	0,00	0,23
Tubagem 76	0,00	0,53
Tubagem 77	0,22	0,58
Tubagem 78	0,22	0,58
Tubagem 79	0,22	0,58
Tubagem 80	0,22	0,57
Tubagem 81	0,11	0,58
Tubagem 82	0,11	0,58
Tubagem 83	0,00	0,00
Tubagem 84	0,00	0,00
Tubagem 85	0,00	0,00
Tubagem 86	0,00	0,33
Tubagem 87	0,00	0,41
Tubagem 88	0,00	0,23
Tubagem 89	0,00	0,00
Tubagem 90	0,00	0,24
Tubagem 91	0,00	0,44
Tubagem 92	0,00	0,53
Tubagem 93	0,06	0,57
Tubagem 94	0,07	0,57
Tubagem 95	0,00	0,56
Tubagem 96	0,00	0,55
Tubagem 97	0,00	0,53
Tubagem 98	0,00	0,51
Tubagem 99	0,00	0,16
Tubagem 100	0,00	0,35
Tubagem 101	0,07	0,57
Tubagem 102	0,03	0,57
Tubagem 103	0,03	0,56
Tubagem 104	0,00	0,48
Tubagem 105	0,00	0,52
Tubagem 106	0,00	0,45
Tubagem 107	0,03	0,56

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 108	0,03	0,56
Tubagem 109	0,06	0,55
Tubagem 110	0,00	0,51
Tubagem 111	0,00	0,39
Tubagem 112	0,06	0,55
Tubagem 113	0,01	0,54
Tubagem 114	0,01	0,53
Tubagem 115	0,06	0,56
Tubagem 116	0,06	0,56
Tubagem 117	0,06	0,56
Tubagem 118	0,06	0,57
Tubagem 119	0,06	0,57
Tubagem 120	0,06	0,57
Tubagem 121	0,06	0,55
Tubagem 122	0,06	0,54
Tubagem 123	0,00	0,43
Tubagem 124	0,00	0,30
Tubagem 125	0,00	0,08
Tubagem 126	0,05	0,54
Tubagem 127	0,03	0,53
Tubagem 128	0,03	0,54
Tubagem 129	0,06	0,54
Tubagem 130	0,06	0,55
Tubagem 131	0,06	0,55
Tubagem 132	0,06	0,55
Tubagem 133	0,02	0,54
Tubagem 134	0,01	0,54
Tubagem 135	0,01	0,53
Tubagem 136	0,01	0,52
Tubagem 137	0,00	0,51
Tubagem 138	0,00	0,48
Tubagem 139	0,00	0,52
Tubagem 140	0,00	0,51
Tubagem 141	0,00	0,49
Tubagem 142	0,00	0,46

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 143	0,00	0,52
Tubagem 144	0,00	0,51
Tubagem 145	0,00	0,50
Tubagem 146	0,00	0,49
Tubagem 147	0,00	0,07
Tubagem 148	0,00	0,46
Tubagem 149	0,01	0,53
Tubagem 150	0,01	0,52
Tubagem 151	0,01	0,51
Tubagem 152	0,00	0,48
Tubagem 153	0,01	0,50
Tubagem 154	0,00	0,49
Tubagem 155	0,00	0,46
Tubagem 156	0,01	0,49
Tubagem 157	0,00	0,49
Tubagem 158	0,00	0,45
Tubagem 159	0,00	0,48
Tubagem 160	0,00	0,48
Tubagem 161	0,00	0,28
Tubagem 162	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00
Tubagem 164	0,00	0,47
Tubagem 165	0,00	0,09
Tubagem 166	0,00	0,42
Tubagem 167	0,00	0,34
Tubagem 168	0,00	0,03
Tubagem 401	0,12	0,61
Tubagem 402	0,00	0,61
Tubagem 403	0,00	0,61
Tubagem 404	0,00	0,60
Tubagem 405	0,23	0,60
Tubagem 406	0,14	0,60
Tubagem 407	0,01	0,59
Tubagem 408	0,00	0,06
Tubagem 409	0,00	0,00

Cloro nas tubagens às 4:00 Horas, 3.º dia (Hora de menor consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 410	0,00	0,00
Tubagem 411	0,11	0,58
Tubagem 412	0,00	0,58
Tubagem 413	0,22	0,58
Tubagem 414	0,06	0,57
Tubagem 415	0,06	0,57
Tubagem 416	0,00	0,57
Tubagem 417	0,01	0,53
Tubagem 418	0,00	0,48
Tubagem 419	0,00	0,48
Tubagem 420	0,00	0,44

**Anexo XII – Propriedades e concentração de cloro dos nós, à hora de maior consumo, com válvulas 308, 309 e 310 fechadas, e concentração inicial de 0,65 mg/L**

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 1	0,26	0,65
Tubagem 2	0,26	0,65
Tubagem 3	0,26	0,64
Tubagem 4	0,26	0,64
Tubagem 5	0,26	0,64
Tubagem 6	0,26	0,64
Tubagem 7	0,26	0,64
Tubagem 8	0,25	0,63
Tubagem 9	0,00	0,58
Tubagem 10	0,00	0,23
Tubagem 11	0,25	0,63
Tubagem 12	0,00	0,59
Tubagem 13	0,25	0,63
Tubagem 14	0,00	0,38
Tubagem 15	0,25	0,63
Tubagem 16	0,25	0,63
Tubagem 17	0,02	0,61
Tubagem 18	0,01	0,60
Tubagem 19	0,01	0,57
Tubagem 20	0,01	0,54
Tubagem 21	0,00	0,31
Tubagem 22	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00
Tubagem 25	0,19	0,62
Tubagem 26	0,01	0,57
Tubagem 27	0,13	0,62
Tubagem 28	0,01	0,60
Tubagem 29	0,01	0,55
Tubagem 30	0,11	0,62
Tubagem 31	0,11	0,62
Tubagem 32	0,11	0,62
Tubagem 33	0,10	0,62
Tubagem 34	0,13	0,62
Tubagem 35	0,01	0,61

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 36	0,01	0,58
Tubagem 37	0,10	0,61
Tubagem 38	0,13	0,62
Tubagem 39	0,18	0,61
Tubagem 40	0,00	0,05
Tubagem 41	0,00	0,45
Tubagem 42	0,01	0,53
Tubagem 43	0,01	0,57
Tubagem 44	0,01	0,59
Tubagem 45	0,02	0,60
Tubagem 47	0,19	0,61
Tubagem 48	0,18	0,61
Tubagem 49	0,18	0,61
Tubagem 50	0,04	0,60
Tubagem 51	0,04	0,59
Tubagem 53	0,00	0,40
Tubagem 54	0,00	0,55
Tubagem 55	0,02	0,59
Tubagem 56	0,02	0,58
Tubagem 57	0,01	0,57
Tubagem 58	0,01	0,57
Tubagem 59	0,01	0,53
Tubagem 60	0,00	0,48
Tubagem 61	0,00	0,34
Tubagem 62	0,51	0,61
Tubagem 63	0,00	0,44
Tubagem 64	0,00	0,00
Tubagem 65	0,50	0,61
Tubagem 66	0,50	0,61
Tubagem 67	0,50	0,61
Tubagem 68	0,00	0,56
Tubagem 69	0,49	0,60
Tubagem 70	0,49	0,60
Tubagem 71	0,48	0,60
Tubagem 72	0,01	0,55

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 73	0,01	0,45
Tubagem 74	0,01	0,37
Tubagem 75	0,00	0,28
Tubagem 76	0,01	0,56
Tubagem 77	0,46	0,59
Tubagem 78	0,45	0,59
Tubagem 79	0,45	0,59
Tubagem 80	0,45	0,59
Tubagem 81	0,23	0,60
Tubagem 82	0,23	0,59
Tubagem 83	0,00	0,00
Tubagem 84	0,00	0,00
Tubagem 85	0,00	0,00
Tubagem 86	0,00	0,34
Tubagem 87	0,00	0,41
Tubagem 88	0,00	0,31
Tubagem 89	0,00	0,00
Tubagem 90	0,00	0,33
Tubagem 91	0,00	0,45
Tubagem 92	0,00	0,55
Tubagem 93	0,17	0,59
Tubagem 94	0,21	0,59
Tubagem 95	0,03	0,58
Tubagem 96	0,03	0,57
Tubagem 97	0,02	0,56
Tubagem 98	0,02	0,54
Tubagem 99	0,00	0,19
Tubagem 100	0,00	0,37
Tubagem 101	0,17	0,58
Tubagem 102	0,08	0,58
Tubagem 103	0,08	0,58
Tubagem 104	0,00	0,48
Tubagem 105	0,01	0,55
Tubagem 106	0,00	0,44
Tubagem 107	0,08	0,57

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo) Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 108	0,07	0,57
Tubagem 109	0,15	0,57
Tubagem 110	0,01	0,54
Tubagem 111	0,00	0,40
Tubagem 112	0,14	0,57
Tubagem 113	0,02	0,56
Tubagem 114	0,02	0,56
Tubagem 115	0,13	0,57
Tubagem 116	0,13	0,57
Tubagem 117	0,14	0,58
Tubagem 118	0,14	0,58
Tubagem 119	0,15	0,58
Tubagem 120	0,16	0,58
Tubagem 121	0,12	0,57
Tubagem 122	0,11	0,56
Tubagem 123	0,00	0,44
Tubagem 124	0,00	0,31
Tubagem 125	0,00	0,23
Tubagem 126	0,11	0,56
Tubagem 127	0,04	0,55
Tubagem 128	0,03	0,53
Tubagem 129	0,12	0,56
Tubagem 130	0,13	0,56
Tubagem 131	0,14	0,57
Tubagem 132	0,15	0,57
Tubagem 133	0,15	0,56
Tubagem 134	0,10	0,55
Tubagem 135	0,10	0,55
Tubagem 136	0,04	0,55
Tubagem 137	0,04	0,53
Tubagem 138	0,02	0,52
Tubagem 139	0,02	0,55
Tubagem 140	0,02	0,53
Tubagem 141	0,01	0,52
Tubagem 142	0,01	0,49

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo)      Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 143	0,03	0,55
Tubagem 144	0,02	0,53
Tubagem 145	0,02	0,52
Tubagem 146	0,02	0,52
Tubagem 147	0,00	0,10
Tubagem 148	0,01	0,49
Tubagem 149	0,05	0,55
Tubagem 150	0,05	0,54
Tubagem 151	0,04	0,53
Tubagem 152	0,01	0,51
Tubagem 153	0,04	0,53
Tubagem 154	0,01	0,53
Tubagem 155	0,00	0,48
Tubagem 156	0,03	0,53
Tubagem 157	0,01	0,52
Tubagem 158	0,00	0,46
Tubagem 159	0,02	0,52
Tubagem 160	0,01	0,52
Tubagem 161	0,00	0,35
Tubagem 162	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00
Tubagem 164	0,01	0,48
Tubagem 165	0,00	0,11
Tubagem 166	0,00	0,42
Tubagem 167	0,00	0,35
Tubagem 168	0,00	0,06
Tubagem 401	0,25	0,62
Tubagem 402	0,02	0,62
Tubagem 403	0,01	0,62
Tubagem 404	0,01	0,62
Tubagem 405	0,51	0,61
Tubagem 406	0,19	0,61
Tubagem 407	0,04	0,61
Tubagem 408	0,00	0,09
Tubagem 409	0,00	0,00

Cloro nas tubagens às 20:00 Horas, 3.º dia (Hora de maior consumo)      Concentração inicial de cloro de 0,65 mg/L (válvulas fechadas)		
ID da Tubagem	Velocidade	Cloro
	m/s	mg/L
Tubagem 410	0,00	0,00
Tubagem 411	0,23	0,60
Tubagem 412	0,01	0,60
Tubagem 413	0,46	0,59
Tubagem 414	0,16	0,58
Tubagem 415	0,17	0,58
Tubagem 416	0,00	0,58
Tubagem 417	0,02	0,56
Tubagem 418	0,01	0,52
Tubagem 419	0,00	0,52
Tubagem 420	0,00	0,45

## Anexo XIII – Concentração de cloro nas tubagens, antes e após a diminuição 25% e 50% do consumo (hora menor consumo)

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)			
Diminuição do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 1	0,65	0,65	0,65
Tubagem 2	0,65	0,65	0,65
Tubagem 3	0,64	0,64	0,64
Tubagem 4	0,63	0,64	0,63
Tubagem 5	0,62	0,63	0,63
Tubagem 6	0,62	0,63	0,63
Tubagem 7	0,62	0,63	0,63
Tubagem 8	0,62	0,61	0,62
Tubagem 9	0,56	0,54	0,52
Tubagem 10	0,18	0,14	0,09
Tubagem 11	0,62	0,61	0,62
Tubagem 12	0,56	0,55	0,53
Tubagem 13	0,62	0,61	0,60
Tubagem 14	0,31	0,23	0,15
Tubagem 15	0,61	0,61	0,60
Tubagem 16	0,61	0,61	0,60
Tubagem 17	0,59	0,59	0,58
Tubagem 18	0,56	0,55	0,54
Tubagem 19	0,54	0,53	0,50
Tubagem 20	0,52	0,50	0,46
Tubagem 21	0,24	0,16	0,08
Tubagem 22	0,00	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00	0,00
Tubagem 25	0,61	0,61	0,60
Tubagem 26	0,54	0,52	0,49
Tubagem 27	0,61	0,61	0,60
Tubagem 28	0,57	0,57	0,55
Tubagem 29	0,53	0,51	0,47
Tubagem 30	0,61	0,61	0,60
Tubagem 31	0,61	0,60	0,60
Tubagem 32	0,60	0,60	0,59
Tubagem 33	0,60	0,60	0,59
Tubagem 34	0,60	0,60	0,60
Tubagem 35	0,58	0,57	0,56

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia) Diminuição do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 36	0,55	0,54	0,51
Tubagem 37	0,60	0,59	0,59
Tubagem 38	0,60	0,60	0,59
Tubagem 39	0,60	0,60	0,59
Tubagem 40	0,03	0,01	0,00
Tubagem 41	0,44	0,40	0,30
Tubagem 42	0,50	0,48	0,43
Tubagem 43	0,54	0,53	0,50
Tubagem 44	0,57	0,56	0,54
Tubagem 45	0,59	0,58	0,57
Tubagem 47	0,60	0,60	0,59
Tubagem 48	0,60	0,59	0,59
Tubagem 49	0,60	0,59	0,59
Tubagem 50	0,58	0,58	0,57
Tubagem 51	0,57	0,56	0,54
Tubagem 53	0,40	0,36	0,20
Tubagem 54	0,53	0,51	0,48
Tubagem 55	0,55	0,55	0,54
Tubagem 56	0,55	0,53	0,52
Tubagem 57	0,54	0,52	0,50
Tubagem 58	0,53	0,51	0,49
Tubagem 59	0,51	0,49	0,45
Tubagem 60	0,48	0,44	0,38
Tubagem 61	0,31	0,15	0,01
Tubagem 62	0,60	0,60	0,59
Tubagem 63	0,43	0,35	0,23
Tubagem 64	0,00	0,00	0,00
Tubagem 65	0,60	0,59	0,59
Tubagem 66	0,60	0,59	0,59
Tubagem 67	0,59	0,59	0,59
Tubagem 68	0,53	0,51	0,48
Tubagem 69	0,59	0,59	0,59
Tubagem 70	0,59	0,59	0,58
Tubagem 71	0,58	0,57	0,57
Tubagem 72	0,51	0,49	0,46

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia) Diminuição do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 73	0,43	0,39	0,31
Tubagem 74	0,35	0,30	0,08
Tubagem 75	0,22	0,06	0,00
Tubagem 76	0,50	0,48	0,45
Tubagem 77	0,54	0,55	0,53
Tubagem 78	0,54	0,53	0,52
Tubagem 79	0,54	0,53	0,52
Tubagem 80	0,54	0,53	0,52
Tubagem 81	0,57	0,57	0,56
Tubagem 82	0,56	0,55	0,54
Tubagem 83	0,59	0,58	0,58
Tubagem 84	0,58	0,57	0,57
Tubagem 85	0,57	0,56	0,56
Tubagem 86	0,56	0,56	0,56
Tubagem 87	0,56	0,55	0,54
Tubagem 88	0,37	0,27	0,17
Tubagem 89	0,57	0,56	0,56
Tubagem 90	0,47	0,44	0,34
Tubagem 91	0,57	0,56	0,55
Tubagem 92	0,56	0,56	0,55
Tubagem 93	0,56	0,55	0,55
Tubagem 94	0,55	0,54	0,54
Tubagem 95	0,54	0,53	0,51
Tubagem 96	0,52	0,51	0,49
Tubagem 97	0,50	0,49	0,47
Tubagem 98	0,49	0,48	0,44
Tubagem 99	0,15	0,10	0,06
Tubagem 100	0,31	0,21	0,12
Tubagem 101	0,55	0,53	0,53
Tubagem 102	0,53	0,53	0,52
Tubagem 103	0,53	0,53	0,51
Tubagem 104	0,46	0,43	0,33
Tubagem 105	0,50	0,48	0,45
Tubagem 106	0,43	0,39	0,32
Tubagem 107	0,53	0,51	0,50

<b>Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)</b>			
<b>Diminuição do padrão de consumo</b>			
<b>ID da Tubagem</b>	<b>Padrão de consumo base</b>	<b>Padrão de consumo 25%</b>	<b>Padrão de consumo 50%</b>
<b>Cloro</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>Tubagem 108</b>	0,53	0,51	0,50
<b>Tubagem 109</b>	0,53	0,51	0,50
<b>Tubagem 110</b>	0,48	0,46	0,43
<b>Tubagem 111</b>	0,36	0,23	0,11
<b>Tubagem 112</b>	0,52	0,51	0,49
<b>Tubagem 113</b>	0,53	0,53	0,52
<b>Tubagem 114</b>	0,53	0,53	0,52
<b>Tubagem 115</b>	0,53	0,53	0,52
<b>Tubagem 116</b>	0,55	0,54	0,52
<b>Tubagem 117</b>	0,56	0,54	0,53
<b>Tubagem 118</b>	0,56	0,54	0,54
<b>Tubagem 119</b>	0,56	0,54	0,54
<b>Tubagem 120</b>	0,56	0,56	0,55
<b>Tubagem 121</b>	0,52	0,51	0,49
<b>Tubagem 122</b>	0,50	0,49	0,48
<b>Tubagem 123</b>	0,39	0,35	0,22
<b>Tubagem 124</b>	0,27	0,01	0,00
<b>Tubagem 125</b>	0,02	0,00	0,00
<b>Tubagem 126</b>	0,50	0,48	0,47
<b>Tubagem 127</b>	0,52	0,51	0,50
<b>Tubagem 128</b>	0,53	0,51	0,50
<b>Tubagem 129</b>	0,52	0,51	0,49
<b>Tubagem 130</b>	0,53	0,52	0,51
<b>Tubagem 131</b>	0,53	0,53	0,52
<b>Tubagem 132</b>	0,53	0,53	0,52
<b>Tubagem 133</b>	0,54	0,52	0,51
<b>Tubagem 134</b>	0,54	0,52	0,52
<b>Tubagem 135</b>	0,54	0,52	0,53
<b>Tubagem 136</b>	0,53	0,52	0,50
<b>Tubagem 137</b>	0,52	0,50	0,48
<b>Tubagem 138</b>	0,49	0,48	0,45
<b>Tubagem 139</b>	0,55	0,52	0,53
<b>Tubagem 140</b>	0,55	0,54	0,53
<b>Tubagem 141</b>	0,55	0,55	0,53
<b>Tubagem 142</b>	0,55	0,55	0,53

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)			
Diminuição do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 143	0,53	0,52	0,50
Tubagem 144	0,52	0,50	0,49
Tubagem 145	0,50	0,49	0,47
Tubagem 146	0,49	0,47	0,44
Tubagem 147	0,08	0,05	0,03
Tubagem 148	0,48	0,45	0,40
Tubagem 149	0,52	0,52	0,50
Tubagem 150	0,52	0,50	0,48
Tubagem 151	0,51	0,50	0,46
Tubagem 152	0,47	0,46	0,43
Tubagem 153	0,49	0,48	0,46
Tubagem 154	0,49	0,47	0,45
Tubagem 155	0,45	0,42	0,38
Tubagem 156	0,49	0,47	0,45
Tubagem 157	0,49	0,46	0,44
Tubagem 158	0,44	0,41	0,36
Tubagem 159	0,48	0,46	0,44
Tubagem 160	0,46	0,45	0,42
Tubagem 161	0,26	0,18	0,10
Tubagem 162	0,00	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00	0,00
Tubagem 164	0,45	0,44	0,39
Tubagem 165	0,08	0,05	0,02
Tubagem 166	0,41	0,37	0,31
Tubagem 167	0,34	0,28	0,05
Tubagem 168	0,03	0,00	0,00
Tubagem 401	0,61	0,61	0,60
Tubagem 402	0,61	0,61	0,60
Tubagem 403	0,61	0,61	0,60
Tubagem 404	0,60	0,60	0,59
Tubagem 405	0,60	0,60	0,59
Tubagem 406	0,60	0,60	0,59
Tubagem 407	0,59	0,59	0,59
Tubagem 408	0,59	0,59	0,58
Tubagem 409	0,57	0,56	0,56

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)			
Diminuição do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 410	0,57	0,56	0,56
Tubagem 411	0,56	0,57	0,55
Tubagem 412	0,56	0,57	0,55
Tubagem 413	0,55	0,55	0,53
Tubagem 414	0,56	0,56	0,55
Tubagem 415	0,56	0,56	0,55
Tubagem 416	0,56	0,56	0,55
Tubagem 417	0,53	0,53	0,52
Tubagem 418	0,46	0,44	0,42
Tubagem 419	0,46	0,44	0,42
Tubagem 420	0,43	0,40	0,35

## Anexo XIV – Concentração de cloro nas tubagens, antes e após o aumento de 25% e 50% do consumo (hora menor consumo)

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)			
Aumento do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 1	0,65	0,65	0,65
Tubagem 2	0,65	0,65	0,65
Tubagem 3	0,64	0,64	0,64
Tubagem 4	0,63	0,64	0,64
Tubagem 5	0,62	0,63	0,63
Tubagem 6	0,62	0,63	0,63
Tubagem 7	0,62	0,63	0,63
Tubagem 8	0,62	0,62	0,62
Tubagem 9	0,56	0,56	0,57
Tubagem 10	0,18	0,23	0,28
Tubagem 11	0,62	0,62	0,62
Tubagem 12	0,56	0,57	0,58
Tubagem 13	0,62	0,62	0,62
Tubagem 14	0,31	0,39	0,43
Tubagem 15	0,61	0,62	0,62
Tubagem 16	0,61	0,61	0,62
Tubagem 17	0,59	0,60	0,60
Tubagem 18	0,56	0,57	0,57
Tubagem 19	0,54	0,55	0,56
Tubagem 20	0,52	0,53	0,54
Tubagem 21	0,24	0,32	0,40
Tubagem 22	0,00	0,00	0,00
Tubagem 23	0,00	0,00	0,00
Tubagem 24	0,00	0,00	0,00
Tubagem 25	0,61	0,61	0,61
Tubagem 26	0,54	0,55	0,56
Tubagem 27	0,61	0,61	0,61
Tubagem 28	0,57	0,58	0,58
Tubagem 29	0,53	0,54	0,55
Tubagem 30	0,61	0,61	0,61
Tubagem 31	0,61	0,61	0,61
Tubagem 32	0,60	0,60	0,61
Tubagem 33	0,60	0,60	0,60
Tubagem 34	0,60	0,61	0,61
Tubagem 35	0,58	0,58	0,59

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia) Aumento do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 36	0,55	0,56	0,56
Tubagem 37	0,60	0,60	0,60
Tubagem 38	0,60	0,60	0,61
Tubagem 39	0,60	0,60	0,60
Tubagem 40	0,03	0,05	0,08
Tubagem 41	0,44	0,47	0,49
Tubagem 42	0,50	0,52	0,53
Tubagem 43	0,54	0,55	0,55
Tubagem 44	0,57	0,57	0,58
Tubagem 45	0,59	0,59	0,59
Tubagem 47	0,60	0,60	0,60
Tubagem 48	0,60	0,60	0,60
Tubagem 49	0,60	0,60	0,60
Tubagem 50	0,58	0,59	0,59
Tubagem 51	0,57	0,57	0,57
Tubagem 53	0,40	0,44	0,47
Tubagem 54	0,53	0,54	0,55
Tubagem 55	0,55	0,56	0,57
Tubagem 56	0,55	0,56	0,56
Tubagem 57	0,54	0,54	0,55
Tubagem 58	0,53	0,53	0,54
Tubagem 59	0,51	0,52	0,53
Tubagem 60	0,48	0,50	0,51
Tubagem 61	0,31	0,38	0,41
Tubagem 62	0,60	0,60	0,60
Tubagem 63	0,43	0,45	0,48
Tubagem 64	0,00	0,00	0,01
Tubagem 65	0,60	0,60	0,60
Tubagem 66	0,60	0,60	0,60
Tubagem 67	0,59	0,60	0,60
Tubagem 68	0,53	0,54	0,55
Tubagem 69	0,59	0,60	0,60
Tubagem 70	0,59	0,59	0,60
Tubagem 71	0,58	0,58	0,59
Tubagem 72	0,51	0,52	0,53

<b>Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia) Aumento do padrão de consumo</b>			
<b>ID da Tubagem</b>	<b>Padrão de consumo base</b>	<b>Padrão de consumo 25%</b>	<b>Padrão de consumo 50%</b>
<b>Cloro</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>Tubagem 73</b>	0,43	0,46	0,48
<b>Tubagem 74</b>	0,35	0,40	0,43
<b>Tubagem 75</b>	0,22	0,31	0,34
<b>Tubagem 76</b>	0,50	0,51	0,52
<b>Tubagem 77</b>	0,54	0,55	0,56
<b>Tubagem 78</b>	0,54	0,55	0,55
<b>Tubagem 79</b>	0,54	0,55	0,54
<b>Tubagem 80</b>	0,54	0,55	0,54
<b>Tubagem 81</b>	0,57	0,58	0,57
<b>Tubagem 82</b>	0,56	0,56	0,57
<b>Tubagem 83</b>	0,59	0,59	0,59
<b>Tubagem 84</b>	0,58	0,58	0,58
<b>Tubagem 85</b>	0,57	0,57	0,58
<b>Tubagem 86</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 87</b>	0,56	0,56	0,57
<b>Tubagem 88</b>	0,37	0,43	0,45
<b>Tubagem 89</b>	0,57	0,57	0,58
<b>Tubagem 90</b>	0,47	0,50	0,51
<b>Tubagem 91</b>	0,57	0,57	0,57
<b>Tubagem 92</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 93</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 94</b>	0,55	0,56	0,56
<b>Tubagem 95</b>	0,54	0,55	0,55
<b>Tubagem 96</b>	0,52	0,53	0,54
<b>Tubagem 97</b>	0,50	0,52	0,52
<b>Tubagem 98</b>	0,49	0,50	0,51
<b>Tubagem 99</b>	0,15	0,19	0,24
<b>Tubagem 100</b>	0,31	0,38	0,40
<b>Tubagem 101</b>	0,55	0,55	0,55
<b>Tubagem 102</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 103</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 104</b>	0,46	0,48	0,50
<b>Tubagem 105</b>	0,50	0,51	0,52
<b>Tubagem 106</b>	0,43	0,46	0,47
<b>Tubagem 107</b>	0,53	0,53	0,54

<b>Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)</b>			
<b>Aumento do padrão de consumo</b>			
<b>ID da Tubagem</b>	<b>Padrão de consumo base</b>	<b>Padrão de consumo 25%</b>	<b>Padrão de consumo 50%</b>
<b>Cloro</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>Tubagem 108</b>	0,53	0,53	0,54
<b>Tubagem 109</b>	0,53	0,53	0,54
<b>Tubagem 110</b>	0,48	0,49	0,50
<b>Tubagem 111</b>	0,36	0,39	0,42
<b>Tubagem 112</b>	0,52	0,52	0,53
<b>Tubagem 113</b>	0,53	0,53	0,54
<b>Tubagem 114</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 115</b>	0,53	0,55	0,55
<b>Tubagem 116</b>	0,55	0,56	0,56
<b>Tubagem 117</b>	0,56	0,56	0,56
<b>Tubagem 118</b>	0,56	0,56	0,56
<b>Tubagem 119</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 120</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 121</b>	0,52	0,52	0,53
<b>Tubagem 122</b>	0,50	0,51	0,52
<b>Tubagem 123</b>	0,39	0,42	0,44
<b>Tubagem 124</b>	0,27	0,31	0,34
<b>Tubagem 125</b>	0,02	0,15	0,28
<b>Tubagem 126</b>	0,50	0,51	0,52
<b>Tubagem 127</b>	0,52	0,53	0,53
<b>Tubagem 128</b>	0,53	0,53	0,54
<b>Tubagem 129</b>	0,52	0,53	0,54
<b>Tubagem 130</b>	0,53	0,53	0,54
<b>Tubagem 131</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 132</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 133</b>	0,54	0,55	0,55
<b>Tubagem 134</b>	0,54	0,55	0,55
<b>Tubagem 135</b>	0,54	0,55	0,55
<b>Tubagem 136</b>	0,53	0,54	0,54
<b>Tubagem 137</b>	0,52	0,52	0,53
<b>Tubagem 138</b>	0,49	0,51	0,51
<b>Tubagem 139</b>	0,55	0,55	0,55
<b>Tubagem 140</b>	0,55	0,55	0,55
<b>Tubagem 141</b>	0,55	0,55	0,56
<b>Tubagem 142</b>	0,55	0,56	0,56

Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)			
Aumento do padrão de consumo			
ID da Tubagem	Padrão de consumo base	Padrão de consumo 25%	Padrão de consumo 50%
Cloro	mg/L	mg/L	mg/L
Tubagem 143	0,53	0,54	0,54
Tubagem 144	0,52	0,52	0,53
Tubagem 145	0,50	0,52	0,52
Tubagem 146	0,49	0,50	0,52
Tubagem 147	0,08	0,10	0,12
Tubagem 148	0,48	0,49	0,50
Tubagem 149	0,52	0,53	0,54
Tubagem 150	0,52	0,52	0,53
Tubagem 151	0,51	0,51	0,52
Tubagem 152	0,47	0,49	0,49
Tubagem 153	0,49	0,51	0,51
Tubagem 154	0,49	0,51	0,51
Tubagem 155	0,45	0,47	0,48
Tubagem 156	0,49	0,51	0,51
Tubagem 157	0,49	0,50	0,51
Tubagem 158	0,44	0,46	0,47
Tubagem 159	0,48	0,49	0,50
Tubagem 160	0,46	0,48	0,48
Tubagem 161	0,26	0,34	0,39
Tubagem 162	0,00	0,00	0,00
Tubagem 163	0,00	0,00	0,01
Tubagem 164	0,45	0,47	0,48
Tubagem 165	0,08	0,11	0,14
Tubagem 166	0,41	0,44	0,46
Tubagem 167	0,34	0,37	0,40
Tubagem 168	0,03	0,05	0,08
Tubagem 401	0,61	0,61	0,61
Tubagem 402	0,61	0,61	0,61
Tubagem 403	0,61	0,61	0,61
Tubagem 404	0,60	0,61	0,61
Tubagem 405	0,60	0,60	0,60
Tubagem 406	0,60	0,60	0,60
Tubagem 407	0,59	0,60	0,60
Tubagem 408	0,59	0,59	0,59
Tubagem 409	0,57	0,58	0,58

<b>Concentração de cloro na hora de menor consumo (20:00 Horas, 3.º dia)</b>			
<b>Aumento do padrão de consumo</b>			
<b>ID da Tubagem</b>	<b>Padrão de consumo base</b>	<b>Padrão de consumo 25%</b>	<b>Padrão de consumo 50%</b>
<b>Cloro</b>	mg/L	mg/L	mg/L
<b>Tubagem 410</b>	0,57	0,58	0,58
<b>Tubagem 411</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 412</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 413</b>	0,55	0,55	0,56
<b>Tubagem 414</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 415</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 416</b>	0,56	0,57	0,57
<b>Tubagem 417</b>	0,53	0,54	0,55
<b>Tubagem 418</b>	0,46	0,48	0,48
<b>Tubagem 419</b>	0,46	0,48	0,48
<b>Tubagem 420</b>	0,43	0,46	0,48