

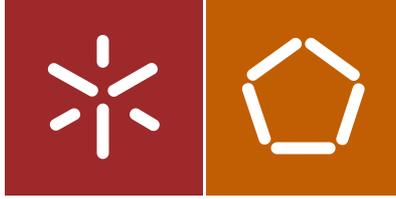


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Metodologias 'Building Information Modelling' aplicadas à gestão
eficiente de infraestruturas hidráulicas: um caso de estudo

Ana Paula Martins Matos

Metodologias 'Building Information Modelling'
aplicadas à gestão eficiente de infraestruturas
hidráulicas: um caso de estudo



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Paula Martins Matos

Metodologias 'Building Information Modelling'
aplicadas à gestão eficiente de infraestruturas
hidráulicas: um caso de estudo

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professor Doutor Paulo Jorge Ramísio Pernagorda
Professor Doutor Miguel Ângelo Dias Azenha

Agradecimentos

Ao concluir mais uma etapa da minha vida académica, queria deixar o meu profundo agradecimento a todos os docentes, e em especial ao meu orientador, professor Paulo Ramísio e ao meu coorientador, professor Miguel Ângelo Dias Azenha pela disponibilidade e dedicação durante a realização deste trabalho.

Às minhas amigas Adriana, Beatriz, Rita e Verónica que me acompanharam em todo este percurso e ao Miguel que soube o que dizer na hora certa. Adicionalmente quero ainda deixar um agradecimento ao José que foi, sem dúvida, uma das melhores amizades que fiz nestes 5 anos.

Quero deixar o meu sincero agradecimento ao Vítor, por todo o companheirismo e dedicação, principalmente nos momentos mais difíceis deste percurso.

Por último, mas não menos importante, quero gratificar a minha mãe e o meu irmão que sempre demonstraram confiança no meu desempenho.

A todas as pessoas que me acompanharam e me ajudaram a concretizar esta etapa, quero expressar o meu **MUITO OBRIGADO!**

Resumo

Portugal tem vindo, ao longo das últimas décadas, a colmatar os défices estruturais que tinha no setor da Hidráulica Urbana, com inúmeras iniciativas que tornaram o país numa imagem de referência neste setor.

Os desafios de hoje são derivados dos eventos extremos que são cada vez mais evidenciados pelas alterações climáticas, do crescimento da população presente em meio urbano e da vida útil das infraestruturas. Estes problemas causam *stress* sobre as infraestruturas que, em muitos casos, se encontram a responder a solicitações para as quais não foram projetadas.

Verifica-se, também, um problema de falta de informação na fase de gestão das infraestruturas, o que acaba por onerar esta fase do ciclo de vida.

O *Building Information Modelling* (BIM) surge assim como uma oportunidade de melhoria e maior eficiência neste setor. O processo integrado de dimensionamento, construção e gestão pelas metodologias BIM garantem a informação necessária, em cada fase, para uma maior eficiência global do processo. Permite ainda que numa única plataforma se consiga realizar o cálculo, a representação e a gestão da rede, que normalmente são efetuados de forma individual, aumentando o nível de eficiência global.

As capacidades anteriormente citadas foram exploradas com a simulação de um caso de estudo, onde se utilizou o *Watergems*, como ferramenta de cálculo hidráulico, que transmite a informação necessária para o *Revit*, a plataforma de gestão, que por sua vez, recebe informação de outros *software*/especialidades, o que possibilita uma gestão integrada, possibilitando aferir sobre as melhores soluções. Identificando-se uma necessidade de melhoria da rede ou necessidade de expansão no *software* de gestão, esta informação pode ser devolvida ao *software* de cálculo hidráulico, havendo um processo cíclico de passagem de informação entre os diversos *software*, o que torna a gestão de infraestruturas um processo mais eficiente.

Palavras-Chave: Infraestruturas Hidráulicas; Abastecimento de Água; Gestão Patrimonial de Infraestruturas; BIM; Interoperabilidade; Cidades inteligentes.

Abstract

Throughout the last decades Portugal has been filling the structural deficits that it had in the Urban Hydraulic sector, with innumerable initiatives that have made the country a reference image in this sector.

Today's challenges are derived from the extreme events that are increasingly highlighted by climate change, urban population growth and the lifespan of existent infrastructures. These problems cause stress on infrastructures, that in many cases are operation in conditions for which they were not designed.

There is also a problem of lack of information in the infrastructure management phase, which ends up burdening this stage of the life cycle.

The Building Information Modelling (BIM) is an opportunity for improvement and greater efficiency in this sector. The integrated process of design, construction and management by BIM methodologies guarantee the necessary information, in each phase, for a greater overall efficiency of the process. It also allows the calculation, representation and management of the network to be carried out on a single platform, which are usually carried out individually, increasing overall efficiency levels.

The previously mentioned capabilities were explored with the simulation of a case study, where Watergems was used as a hydraulic calculation tool, which transmits the necessary information to Revit, the management platform, that receives information from other software, enabling an integrated management, and allowing to evaluate the best solutions. The identification of a need to improve or expand the network in the management software, can be returned to the hydraulic calculation software, there being a cyclical process of passing information between the various software, which makes infrastructure management a more efficient process.

Key-Words: Hydraulic Infrastructures; Water Supply; Asset Management; BIM; Interoperability; Smart City.

Índice

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos da dissertação.....	3
1.3 Estrutura da dissertação.....	4
Capítulo 2 - INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS EM PORTUGAL: EVOLUÇÃO E DESAFIOS FUTUROS.....	5
2.1 Portugal e as Políticas de Saneamento	5
2.2 A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) em Portugal.	14
2.2.1 Projeto CARE-W e CARE-S.....	24
2.2.2 Projeto AWARE-P	24
2.2.3 Projeto colaborativo de I&DT iGPI	25
2.2.4 PENSAAR2020.....	26
2.3 Legislação	30
2.3.1 Decreto-Lei 207/94	30
2.3.2 Decreto-Lei 23/95	31
2.3.3 Decreto-Lei 194/2009	33
2.3.4 Decreto-lei 195/2009.....	33
2.4 Desafios para uma gestão sustentável de sistemas hidráulicos urbanos.....	33
2.4.1 As alterações climáticas e a intermitência temporal e espacial no acesso à água.	34
2.4.2 Variação dos consumos de água em meio urbano.....	37
2.4.3 Desafios para as cidades do futuro	40
Capítulo 3 - BUILDING INFORMATION MODELLING.....	43
3.1 O BIM (<i>Building Information Modelling</i>) e a Engenharia Civil.....	43
3.2 BIM e infraestruturas hidráulicas	48
3.3 Mais-valias do BIM.....	50
3.4 Facility Management (gestão de instalações).....	52
3.5 <i>Software</i> explorados	56
3.5.1 AutoCAD	57

3.5.2	Revit	57
3.5.3	Dynamo	58
3.5.4	Infraworks.....	59
3.5.5	Navisworks	60
3.5.6	Watergems	60
3.5.7	SCADA.....	61
3.6	O BIM como contributo para a gestão eficiente de infraestruturas hidráulicas	62
Capítulo 4 - CASO DE ESTUDO		67
4.1	Introdução.....	67
4.2	Metodologia.....	70
4.3	Modelos computacionais	72
4.3.1	Caraterização da rede de distribuição	72
4.3.2	Dimensionamento Hidráulico - Simulação da rede de abastecimento	76
4.3.3	Padrões de consumo	79
4.3.4	A Interoperabilidade na passagem de informação Watergems - Revit.....	80
4.3.5	A Interoperabilidade na passagem de informação Revit - Watergems	83
4.3.6	Gestão da infraestrutura no Revit.....	86
4.3.7	Modelo tridimensional da envolvente	89
4.4	Simulação de cenários	92
4.4.1	Variação da velocidade ao longo da rede ramificada para o cenário base.....	92
4.4.2	Variação da pressão ao longo da rede ramificada para o cenário base.....	94
4.4.3	Variação do caudal na rede ao longo do dia.....	96
4.4.4	Decaimento de cloro na rede	97
4.4.5	Tempo de retenção hidráulico	102
4.4.6	Discussão dos resultados	107
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO		113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		Erro! Marcador não definido.
ANEXOS.....		123
ANEXO I.....		124
ANEXO II		135
ANEXO III		154
ANEXO IV		173

ANEXO V 193

Índice de figuras

Figura 1 - Resultado dos inquéritos de 1903, (Pato, 2011)	7
Figura 2 - Inquéritos realizados entre 1903 e 1972, com base em (Pato, 2011).....	8
Figura 3 - Número de obras participadas em comparação com as concluídas, (Pato, 2011)	10
Figura 4 - Evolução no abastecimento de água, na drenagem e tratamento de águas residuais, (Frade et al., 2015a; Ministério do Ambiente, 2007; Pato, 2011)	12
Figura 5 - Desempenho infraestrutural das entidades gestoras reguladas pela ERSAR, (Alegre e Covas, 2010)	15
Figura 6 - Reabilitação das condutas em baixa reguladas entre 2004 e 2011 pela ERSAR, (Frade et al. 2015a)	16
Figura 7 - Gestão patrimonial de infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010).....	17
Figura 8 - Dados de cadastro relevantes no âmbito da GPI, (Alegre e Covas, 2010)	20
Figura 9- Exemplos de informação qualitativa sobre as infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010)	21
Figura 10 - Informação operacional relevante para a GPI, (Alegre e Covas, 2010)	21
Figura 11 - Água não faturadas pelas EG reguladas pela ERSAR, (Frade et al., 2015a).....	22
Figura 12 - Percentagem de perdas de água por entidade gestora no NUT Norte, (ERSAR, 2017)	23
Figura 13 - Evolução da qualidade de água controlada e de boa qualidade, (Frade et al., 2015a)	23
Figura 14 - Nível de cumprimento dos objetivos definidos no PEAASAR II, (Frade et al., 2015a)	27
Figura 15 - Investimentos estimados á data da elaboração do plano nos diferentes setores, (Frade et al., 2015a)	28
Figura 16 - Estratégia do PENSAAR 2020, (Frade et al., 2015a).....	29
Figura 17 - Disponibilidade de água no planeta	34
Figura 18 - População rural e urbana 1950-2050, (ONU, 2014).....	38
Figura 19 - Evolução das cidades 1990-2030, (ONU, 2014)	38
Figura 20 - <i>Building Information Modelling</i> nas diferentes etapas da vida de uma obra, adaptado de (Mello, 2012)	43
Figura 21 - Curva de <i>MacLeamy</i> , adaptado de (CURT, 2004).....	46
Figura 22 - LOD, informação constante no modelo	47
Figura 23 - Principais dados contabilísticos com relevância para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010).....	51
Figura 24 - Políticas de manutenção, fonte (Alves, 2008)	54
Figura 25 - Evolução da elaboração de projeto na engenharia civil, (Alves, 2018; LFM, 2016)	63
Figura 26 - Imagem aérea do Campi e da envolvente	69
Figura 27 - Metodologia de trabalho adotada.....	72
Figura 28 - Cadastro fornecido no <i>software</i> KOSMO.....	73
Figura 29 - Identificação dos pontos de consumo por zona	74

Figura 30 - Identificação dos pontos de consumo, caudais e diâmetros do edifício 2.....	74
Figura 31 - Identificação dos diversos diâmetros da rede.....	77
Figura 32 - Padrões de consumo da biblioteca, da cantina e dos edifícios: [a] padrões de consumo diários; [b] padrões de consumo semanais; [c] padrões de consumo mensais	78
Figura 33 - Diferença de diâmetro entre cenários ([a]: cenário base; [b]: cenário com rede de incêndio).....	80
Figura 34 - Leitura e seleção da informação do Excel no <i>Dynamo</i>	81
Figura 35 - Visualização da lista criada	82
Figura 36 -[a] Rede criada no <i>Watergems</i> ; [b] Rede no <i>Revit</i> criada com o <i>Dynamo</i> com o Excel exportado do <i>Watergems</i>	82
Figura 37 - Passagem de informação entre <i>software</i>	83
Figura 38 - Identificação dos novos pontos de consumo	84
Figura 39- Criação da rede para os novos pontos de consumo no <i>software</i> de Gestão	84
Figura 40 - Expansão da rede criada no <i>Watergems</i>	85
Figura 41 - Rede c/ expansão para simulação no <i>software</i> de cálculo hidráulico	86
Figura 42 - Criação dos <i>Shared Parameters</i>	87
Figura 43 - Atribuição dos parâmetros aos elementos do modelo	88
Figura 44 - Gestão da informação referente às tubagens da rede	88
Figura 45 - Representação tridimensional da área em estudo, obtida no <i>InfraWorks</i> da <i>Autodesk</i>	90
Figura 46 - Vista tridimensional da rede com a envolvente	91
Figura 47 - Isometria da rede (vista Sul).....	91
Figura 48 - Identificação dos campos a serem alterados para a análise do cloro	98
Figura 49 - Difusividade, taxas de reação e ordem das reações para o cloro	99
Figura 50 - Atribuição das propriedades ao cenário	100
Figura 51 - Identificação dos campos a serem alterados para a análise do tempo de retenção hidráulico.....	103
Figura 52 - Definição da idade inicial igual a zero em todas as junções da rede	103
Figura 53 - Alteração das propriedades no cenário base para o cálculo da idade.....	104
Figura 54 - Interoperabilidade entre programas/especialidades	115

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Variação de velocidade no dia de máximo consumo no cenário base	93
Gráfico 2 - Variação de velocidade no dia de menor consumo no cenário base	93
Gráfico 3 - Variação de velocidade no dia de máximo consumo no cenário com expansão da rede.....	94
Gráfico 4 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário base	95
Gráfico 5 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio	95
Gráfico 6 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário de expansão da rede	96
Gráfico 7 - Variação de caudal no dia de maior consumo entre o cenário base e no cenário com expansão da rede	97
Gráfico 8 - Concentração de cloro nas tubagens para dia de máximo consumo no cenário base	101
Gráfico 9 - Concentração de cloro nas tubagens para dia de máximo consumo no cenário com rede de incêndio	101
Gráfico 10 - Concentração de cloro na rede no dia de máximo consumo no cenário com expansão da rede	102
Gráfico 11 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário base	105
Gráfico 12 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio	105
Gráfico 13 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário com expansão da rede	106
Gráfico 14 - Tempo de retenção hidráulico ao longo do dia de menor consumo no cenário base	107
Gráfico 15 - Concentração de cloro ao longo do dia de maior consumo para os dois cenários na tubagem P-38	110

Lista de abreviaturas

AEC – Arquitetura Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modelling*

CAD – Desenho Assistido por Computador

CEE – Comunidade Económica Europeia

ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas

EPS – *Extended Period Simulation* (Simulação em Tempo Estendido)

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Águas

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FM – *Facility Management* (Gestão de Instalações)

GIS – *Geographic Information System* (Sistema de informação geográfico)

GPI – Gestão Patrimonial de Infraestruturas

GT16 – Guia Técnico 16

INAG – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

IWA – *International Water Association*

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LOD – *Level of Detail* (Nível de Detalhe)

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PENSAAR – Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviço de Qualidade a um Preço Sustentável

RASARP – Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A Organização Mundial de Saúde e a UNICEF consideraram em 2015 que o acesso da população a uma fonte de água melhorada, bem como a instalações sanitárias melhoradas, seriam os grandes Objetivos do Milénio, tendo em conta as grandes melhorias a nível de saúde pública que o acesso a estes dois serviços fornece à população. No entanto, o acesso a água segura continua a ser um grave problema para uma significativa parte da população mundial, uma vez que 24% da população do planeta não tem acesso a água tratada (AEP).

A evolução da hidráulica urbana em Portugal foi um processo moroso, verificando-se muitas vezes falta de verbas para a evolução da infraestruturização do país, assim como políticas e normas desatualizadas. A entrada de Portugal para a Comunidade Económica Europeia (CEE) em 1986 e a abertura do setor a capitais privados em 1993 foram os grandes impulsionadores para a evolução da infraestruturização do país. Atualmente, o país apresenta uma cobertura de 96% em abastecimento de água e 83% em drenagem de água residual e uma qualidade da água fornecida muito próxima de 100%, segundo dados do Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos de 2017 (RASARP 2017).

Portugal tornou-se numa imagem de referência na Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI), procurando através de várias iniciativas dotar as entidades gestoras de capacidades para uma correta gestão das infraestruturas. A Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) em Portugal, tem tido um importante papel neste domínio através das suas capacidades para regulação do setor.

No entanto, atualmente o setor depara-se com novos desafios derivados da intermitência temporal e espacial no acesso à água e do tempo de vida útil dos elementos da rede de abastecimento de água ultrapassados ou muitos próximos do que indicam as boas práticas, o que favorece o funcionamento deficiente das redes de abastecimento de água, confirmando-se assim a necessidade crescente de reabilitação/manutenção das redes existentes.

Algumas das entidades gestoras não possuem conhecimento aprofundado das suas infraestruturas, verificando-se a inexistência de informação sobre as redes, que permita realizar-se uma eficiente gestão das infraestruturas existentes. Por falta de informação entende-se, para além da falta de dados, a existência destes em várias plataforma/arquivos de forma desorganizada e muitas vezes desatualizada, o que torna o tratamento dos dados uma tarefa complexa e demorada.

O crescimento espontâneo das cidades é um fator que exige eficiência das redes existentes, verificando-se uma necessidade crescente de planeamento de forma a conseguir-se, atempadamente, aferir-se sobre as ineficiências das redes de forma a dar uma resposta eficiente a baixo custo. Citando Vieira (2018):

“(...) o rápido e não planeado crescimento urbano ameaça o desenvolvimento sustentável quando as infraestruturas necessárias não são programadas e implementadas de forma adequada (...) esta situação, infelizmente muito frequente nos países em desenvolvimento, determina uma elevada pressão sobre as infraestruturas urbanas, criando condições de insustentabilidade na gestão dos serviços urbanos de água e saneamento.”

A realização de cadastro para se proceder à GPI é um processo demorado e complexo, derivado da complexidade destas infraestruturas que se desenvolvem maioritariamente enterradas. Verifica-se ainda de uma forma geral que quando as entidades gestoras recebem a concessão da infraestrutura não se verifica a necessidade/intenção da realização de cadastro e da sua atualização, devido ao bom funcionamento da infraestrutura. Contudo com o passar dos anos surge a necessidade de pequenas intervenções na rede devido a funcionamento deficiente, não sendo registado qualquer dado sobre as intervenções efetuadas, verificando-se cada vez mais uma dificuldade crescente para a realização de cadastro.

Verifica-se assim a necessidade do setor de encontrar uma metodologia de trabalho que permita numa mesma plataforma efetuar-se todas as etapas do ciclo de vida das infraestruturas, de forma a conseguir-se na fase de gestão a informação necessária para uma gestão patrimonial de infraestruturas eficiente, assim como a atualização de forma simples da informação.

O *Building Information Modelling* (BIM) adquiriu um lugar de destaque no mundo da construção, enquanto metodologia que permite o acompanhamento de forma eficiente de todo o ciclo de vida das construções, envolvendo todos os intervenientes das diversas fases da

construção, e garantindo maiores e melhores eficiências em todo o processo. No entanto, na hidráulica, com exceção das redes domiciliárias de abastecimento de água e drenagem de água residual esta metodologia de trabalho ainda foi muito pouca explorada, apesar de o uso da tecnologia poder proporcionar uma maior conveniência para o trabalho de coleta de dados, mas também promover a eficiência do projeto de abastecimento de água e de drenagem (Shao, 2017).

No presente trabalho entendeu-se que as metodologias de trabalho BIM poderão proporcionar a eficiência na passagem de informação entre as diversas fases do ciclo de vida das infraestruturas hidráulicas, permitindo numa única plataforma realizar-se todas as etapas do ciclo de vida das infraestruturas, garantindo-se a passagem eficiente de informação relevante entre todas as fases de forma cíclica.

Julga-se que a metodologia de trabalho proposta nesta dissertação, através do caso de estudo, poderá dar resposta à esta falta de informação aquando da gestão da infraestrutura.

1.2 Objetivos da dissertação

O presente trabalho tem como objetivo principal perceber de que forma as metodologias BIM podem ser utilizadas para ajudar a que o setor se torne mais eficiente internamente (garantindo melhores resultados a nível de perdas, manutenção e gestão) e externamente (como a interação com outras especialidades), no caminho das cidades inteligentes. Para tal será estudada a rede infraestrutural de abastecimento de água do Campus de Azurém da Universidade do Minho, que se simulará num *software* de cálculo hidráulico (*Watergems*), sendo utilizado o *Revit* como *software* de Gestão, tentando aferir-se sobre a interoperabilidade dos dois *software*. O objetivo do caso de estudo passará pela criação de uma metodologia de trabalho que permita numa mesma plataforma de forma eficiente e prática, realizar-se o cálculo, a representação e a gestão das redes de abastecimento de água garantindo a informação necessária em cada fase do ciclo e vida da infraestrutura

Como passo inicial desta dissertação procura-se perceber de que forma evoluiu a infraestruturização do nosso país e os problemas encontrados nesse processo. Em seguida

procura-se aferir sobre a situação atual do setor e das iniciativas que têm sido levadas a cabo como forma de tornar o país numa imagem de referência na área.

Aferir-se sobre os desafios atuais e futuros das entidades gestoras será também um objetivo desta dissertação, como forma de alertar para a necessidade de planeamento atempado, com o fim de minimizar os problemas.

1.3 Estrutura da dissertação

O presente trabalho encontra-se dividido em duas vertentes principais, perfazendo um total de 5 capítulos.

Para além do presente capítulo de enquadramento, no segundo capítulo procura-se fazer-se uma revisão histórica da evolução da infraestruturização do país realizando-se uma breve análise sobre a legislação existente. Neste capítulo faz-se ainda um enquadramento sobre os desafios atuais e futuros do setor derivados da intermitência temporal e espacial no acesso à água assim como dos novos modelos de viver em sociedade.

No terceiro capítulo aborda-se o *Building Information Modelling* (BIM), sendo o principal objetivo, do presente capítulo, concluir-se sobre a pertinência da utilização do BIM no projeto de infraestruturas hidráulicas e de que forma este pode ser uma mais valia na fase de gestão das infraestruturas, sabendo-se que esta é a fase do ciclo de vida das infraestruturas no qual se despende a maior fatia do orçamento.

O quarto capítulo corresponde ao caso de estudo, onde se faz uma breve descrição das estruturas de abastecimento de água, realizando-se o enquadramento da rede estudada. Neste capítulo é ainda realizado a análise dos resultados obtidos.

O quinto e último capítulo corresponde às conclusões do presente trabalho assim como à identificação dos trabalhos futuros para o melhor e mais eficiente desenvolvimento da metodologia de trabalho aqui explorada.

Capítulo 2 - INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS EM PORTUGAL: EVOLUÇÃO E DESAFIOS FUTUROS

2.1 Portugal e as Políticas de Saneamento

Em Londres no ano de 1832, Edwin Chadwick, cria a Lei dos Pobres – *Poor Law Commission* (que previa soluções técnicas para o saneamento e abastecimento de água com o intuito de controlar doenças, assim como a construção de uma rede de água domiciliária que iria contribuir de forma efetiva para o controlo das patologias). Todavia em 1854, nessa mesma cidade, surge um grande número de mortes devido à cólera, vindo a ser comprovada por John Snow, que esta era transmitida por contaminação fecal da água de uma determinada fonte, encerrando assim a bomba de *Broad Street*. Estava assim comprovado que a junção de um “grande” número de população com condições de saneamento primitivo acarretava um grande risco para a salubridade da população.

A primeira concessão de água em Lisboa (o principal centro urbano de Portugal) data de 1857, na cidade de Lisboa, sendo que foi a partir de 1870 que se deu a impulsão no número de concessões dos restantes centros urbanos do país (Pato, 2011).

Em 1864, 7,4% da população Portuguesa vivia em cidades, sendo que 60% desta se situava nas cidades de Lisboa e Porto evidenciando-se o crescimento deste número até 1900, atingindo-se então o valor de 77% de população em meio urbano. Nos centros urbanos referidos as condições de higiene eram precárias, atendendo à falta da rede de esgotos e abastecimento de água, originando-se um grande número de surtos epidémicos que dizimava as populações. Era evidente a necessidade de infraestruturação das cidades, sendo necessário também dotar as casas, que não possuíam, de rede de abastecimento de água e esgotos.

De uma forma geral era utilizado para definir o bom estado de uma água os fatores organoléticos, ou seja, esta ser:

1º – Límpida, incolor e privada de corpos em suspensão;

2º – Não apresentar cheiro;

3º – Não apresentar um sabor desagradável, salgado ou adocicado;

4º – Fresca, não excedendo a sua temperatura 16º;

5º – Arejada;

6º – Imputrescível;

7º – Leve no estômago;

Entre 1899 e 1901 estabelecem-se reformas na administração sanitária, surgindo dois domínios de governamentação, o Ministério do Reino – domínio central – através do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria e as suas respectivas unidades de administração centrais e externas, que tinham como funções a regulação, orientação e fiscalização, e as câmaras municipais – domínio local – a quem cabiam os encargos monetários e a iniciativa, respondendo sempre aos propósitos da governamentação central (Pato, 2011).

No entanto este modelo de governação tinha alguns problemas, tais como dificuldades na comunicação entre a governamentação central e local, uma vez que as mais de 200 câmaras municipais existentes tinham realidades diferentes, evidenciando-se também incapacidade técnica no que respeitava a conhecimentos de engenharia sanitária e medicina sanitária. Mostrava-se ainda um desconhecimento das condições sanitárias do país, situação que só começa a ser resolvida em 1903 quando o Conselho de Melhoramentos Sanitários (que é extinto em 1920, sendo os seus poucos funcionários transferidos para o Ministério da Saúde) pública um inquérito de Salubridade das Povoações do País o Diagnóstico Geral do País, onde foram inquiridas 183 povoações, perfazendo um total de 3 921 927 habitantes. Os resultados encontram-se de forma sucinta na Figura 1.

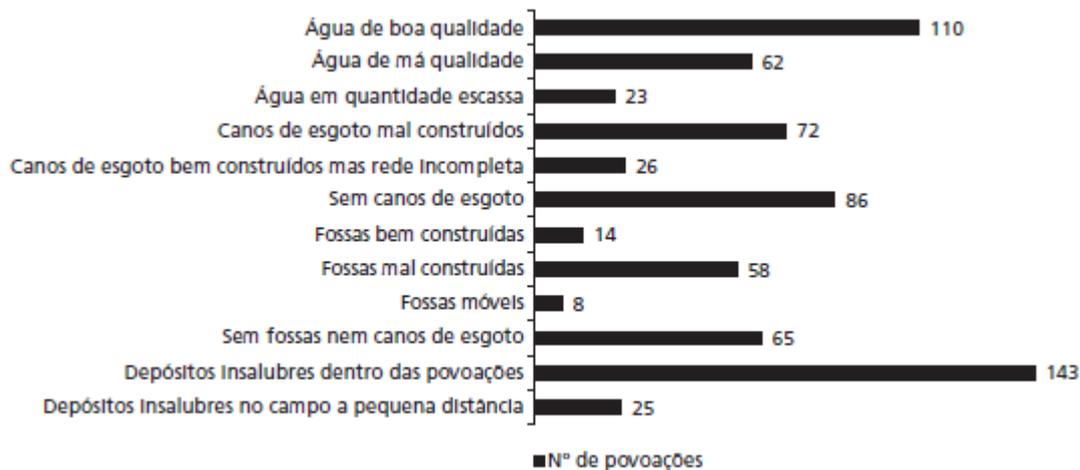


Figura 1 - Resultado dos inquéritos de 1903, (Pato, 2011)

As políticas de então mostravam grande ineficiência na resolução dos problemas que o país enfrentava, uma vez que as realidades das diferentes câmaras municipais eram bastante distintas. No entanto todas se encontravam sobre as mesmas medidas criadas pelo governo central para a resolução dos problemas, não possuindo, muitas delas, capacidade financeira para a resolução dos problemas com que se deparavam. Destaca-se ainda sobre esta forma de governação a preocupação existente sobre as populações citadinas, uma vez que era nestes meios que se demonstravam os maiores problemas de saneamento, não sendo contempladas as populações rurais.

Apenas em 1913, com a criação da figura jurídica de Serviços Municipalizados, evidenciou-se uma preocupação com a sustentabilidade dos serviços de saneamento. A partir daqui os serviços de saneamento viam-se obrigados à publicação anual das contas e balanços, bem como do relatório de gerência. Assim em 1927 definia-se, de forma mais explícita, que os Serviços Municipalizados deveriam fixar as suas tarifas de acordo com os encargos de exploração dos seus serviços. Nove anos depois, em 1936, a premissa anterior é mais detalhada com o artigo 147º do Decreto-Lei nº 27424 de 31 de dezembro de 1936 que evidenciava a necessidade de fixar as tarifas de modo a cobrir os gastos de exploração, o serviço dos empréstimos e amortização do capital e a constituição das reservas.

Após se ter realizado, em 1903, o inquérito às principais povoações do país, existe uma estagnação fruto das dificuldades financeiras que se faziam sentir e a incapacidade política para resolver a situação. Só na década de 1930 (1934) se voltam a realizar novos inquéritos. Os inquéritos são repetidos na mesma década (1935-1936), na década de quarenta (1941 e

1942), na década de cinquenta (1956) e na década de setenta (1972). Na Figura 2 mostra-se de forma sucinta a aplicabilidade dos inquéritos, bem como a iniciativa política que esteve na sua origem. Dos inquéritos referidos importa ainda citar que a comparação para se aferir das melhorias das condições sanitárias era pouco precisa, uma vez que o número de população abrangida assim como as zonas em que os inquéritos eram aplicados mostravam-se bastante distintas.

Ano	Inquérito	Abrangência	Entidade	Iniciativa Política
1903	Inquérito de Salubridade das povoações mais importantes de Portugal	1/4 da população	MOPCI	Reformas realizadas por Ricardo Jorge
1934	Inquérito sobre abastecimento de água nos municípios do país	1/3 da população	SMASP	Procura do estado em se inteirar na resolução dos problemas
1935	Notícia dos inquéritos de Higiene rural e sobre água e esgotos (vol. I e II)	-	DGS	Procura do estado em se inteirar na resolução dos problemas
1935-1936	Inquérito sobre o abastecimento de água e saneamento das sedes dos concelhos do país	1/5 da população	MOPC	Procura do estado em se inteirar na resolução dos problemas
1941	Inquérito sobre o abastecimento de água, redes de esgoto e estações de tratamento	Total continental	MOPC	Preparação do Plano de Abastecimento de água as Sedes de Concelho
1942	Segunda notícia dos inquéritos de higiene rural e sobre água e esgotos	-	DGS	Preparação do Plano de Abastecimento de Água às sedes de concelho
1956	Elementos para o estudo do Plano de fomento 1956-1964: abastecimento de água às populações	-	MOPC	Trabalhos preparatórios para o Plano de Fomento
1972	Inquérito às condições de saneamento básico do país	Total continental	Hidroprojeto	Preparação do plano de regiões de saneamento

Figura 2 - Inquéritos realizados entre 1903 e 1972, com base em (Pato, 2011)

A década de 30, do século passado foi realmente marcada pela evolução do conhecimento do estado das infraestruturas e condições sanitárias do país, impulsionada pela atribuição do Governo à Direção-Geral de Saúde a tarefa de inquirir sobre as condições de saneamento do país, inquéritos esses que acabam por ser rematados pelos que são realizados quase em simultâneo pelo Ministério das Obras Públicas e Comunicações e pelos Serviços Municipalizados do Porto.

Ainda em 1932, cerca de três meses depois da tomada de posse de Oliveira Salazar como ministro das Obras Públicas, acompanhado por Duarte Pacheco, são publicados três diplomas que definiam a forma como as questões relacionadas com o saneamento iriam ser encaradas na nova visão política, criando-se assim a expectativa da resolução dos problemas existentes até então. Um ano depois em 1933 é criada a Junta Sanitária das Águas, para de uma forma mais eficaz se proceder à fiscalização sanitária, tendo também por tarefa a investigação para tratamento de águas de abastecimento e esgotos.

Esta nova iniciativa política contempla pela primeira vez as populações rurais com a criação de estradas municipais, pavimentação, criação de fontanárias e chafarizes, que seriam responsabilidade da Junta Autónoma de Estradas (JAE), a atual Infraestruturas de Portugal. Lembra-se que as preocupações a nível de saneamento até então estavam vocacionadas para os aglomerados urbanos, uma vez que lá se concentrava um número significativo de pessoas numa pequena área sendo a contaminação fecal das águas e outros problemas de higiene bem mais evidenciados

As visões políticas de Oliveira Salazar e Duarte Pacheco são consolidadas com o Código Administrativo de 1936, que previa a regulação técnica do planeamento das obras, o financiamento necessário à sua concretização e a fiscalização sanitária das águas. Com o intuito de auxiliar nas tarefas anteriormente mencionadas foi criado a Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamento e a Junta Sanitária de Águas.

Apesar de todas as intenções políticas para resolução dos problemas, continuava sobre a responsabilidade das câmaras municipais a execução das respetivas obras, porém estas tinham menos autonomia, uma vez que os orçamentos e empréstimos adquiridos teriam de ser aprovados pelo governo, ou seja, o Estado deveria assumir uma postura de regulação técnica e financeira (Pato, 2011). Além do apoio financeiro dado pelo Estado através do Fundo de

Desemprego é também criado o Fundo de Melhoramentos Rurais, vocacionado como o próprio nome indica para as obras a serem realizadas nas zonas rurais.

É a partir de 1938, que a instalação domiciliária de água e a sua ligação à rede pública de distribuição assume carácter obrigatório, bem como um consumo mínimo mensal que seria contabilizado com recurso à instalação de um contador em cada habitação. Regulamentação semelhante para a rede de esgotos surge em 1941.

A normalização relativa à instalação dos sistemas de abastecimento de água e drenagem por sua vez surgem em 1943 e 1946, respetivamente, que serão mais tarde completados pelo Regulamento das Edificações Urbanas, que define as disposições necessárias para as obras que são realizadas nesta vertente.

Em 1944, surge o Plano de Abastecimento de Águas às Sedes dos Concelhos, que previa que até 1954 todas as sedes de concelho possuíssem água potável. Evidencia-se aqui a grande complexidade de aprovação de projetos uma vez que a sua execução dependia da aprovação do Ministro das Obras Públicas, apesar das restantes responsabilidades serem das câmaras municipais. É de notar que os abastecimentos de água criados seriam explorados por concessionárias ou pelos próprios municípios. Segundo Pato (2011) das 8555 obras que foram financiadas entre 1945 e 1960, só 1107 é que viram a sua conclusão (Figura 3), provando-se assim que o financiamento que era atribuído para a sua realização não era suficiente, ou os fundos não eram geridos de forma eficiente.

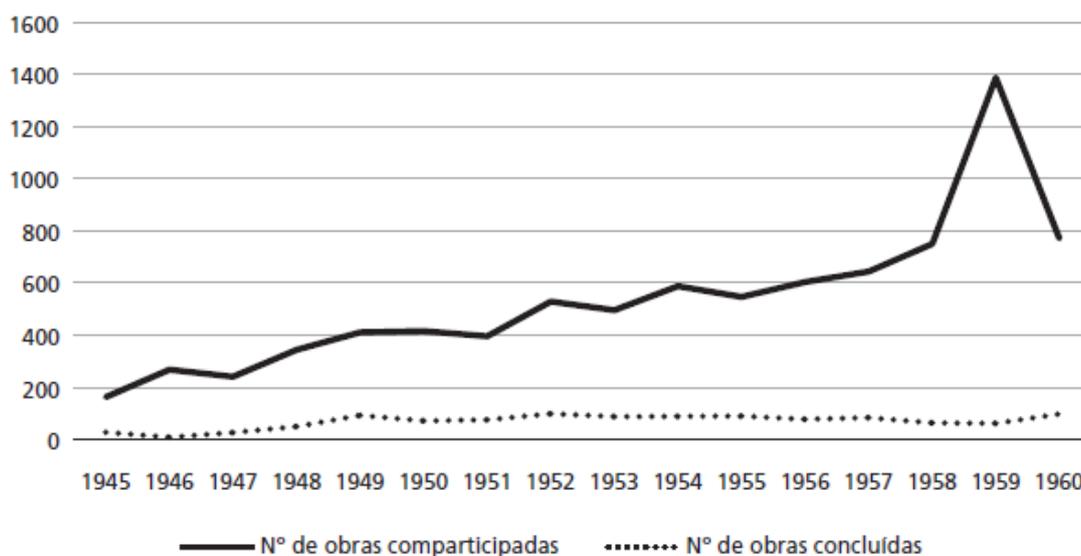


Figura 3 - Número de obras participadas em comparação com as concluídas, (Pato, 2011)

É na década de 60 que o LNEC começa a desenvolver investigação no que concerne a engenharia sanitária, sendo que os progressos na hidráulica urbana não foram significativos.

Apesar de em 1933 surgir regulamentação para o abastecimento de água às populações rurais, como já anteriormente referido, é na década de 60 que surge o Plano de Abastecimento de Água a estas populações, sendo o seu plano de financiamento revisto 3 vezes entre as duas datas referidas. Até esta data a maioria da população rural não tinha acesso a abastecimento de água, com uma situação ainda mais precária no que dizia respeito a rede de esgotos

Além do crescente número de habitantes das cidades, evidenciava-se na década de 60 que os principais núcleos urbanos (Lisboa e Porto) apresentavam uma dimensão considerável, começando a fixar-se também um grande número de população nas zonas periféricas às respetivas cidades e cuja influência económica se fazia sentir. Começam assim a surgir as metrópoles de Lisboa e Porto tornando-se urgente infraestruturar estas regiões onde cada vez se concentrava mais população.

O sistema de esgotos, ganha pela primeira vez um plano de destaque nas ambições políticas das preocupações ligadas ao saneamento básico das populações em 1970, sendo criadas condições especiais para o financiamento destas infraestruturas. Até então apesar de algumas vezes contemplado, era dada prioridade ao abastecimento de água às populações.

Com o inquérito de 1972 conclui-se que os objetivos do estado no que concerne à infraestruturização do país estavam bem longe de ser cumpridos, uma vez que apenas 42% da população nacional possuía acesso a rede domiciliária de abastecimento de água e apenas 17% da população tinha acesso à rede de esgoto. É por iniciativa de Rui Sanches, à data ministro das Obras Públicas, que nos estudos de base para o IV Plano de Fomento, surge o conceito de Saneamento Básico, com criação de regiões que teriam uma dimensão suficiente para que se conseguisse realizar uma gestão eficiente, do ponto de vista técnico, económico e financeiro. Foi assim estabelecido o objetivo de até 1984 se abastecer a maioria da população do país. De salientar que o plano de criação de regiões de saneamento básico é abandonado em 1978.

Na viragem de década, na Lei de Orçamento Geral do Estado, é previsto que possa haver uma interação entre municípios vizinhos, prevendo-se assim a possibilidade de municípios limítrofes poderem contribuir na realização das obras realizadas. Um ano mais tarde, em 1981 é criado o Plano Diretor de Saneamento Básico para o Decénio de 1981- 1990. É ainda em

1981, que o LNEC insere a modelação com recurso a ferramentas informáticas, com a modelação da rede de abastecimento de Almada (Vidigal, 2008). É assim dado um passo importante para a modelação das redes de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, que viria a assumir uma grande importância nas décadas seguintes, principalmente com a chegada do acesso facilitado aos computadores.

Com a entrada de Portugal para a Comunidade Económica Europeia a 1 de janeiro de 1986, o setor da hidráulica urbana vê-se pela primeira vez com financiamento que iria permitir a rápida evolução da infraestruturização do país. Pertencer à CEE fez com que o país tivesse de cumprir critérios de qualidade de abastecimento de água e saneamento muito mais rigorosos, enquadrados nas políticas comunitárias do ambiente.

Na Figura 4 pode ser encontrada a informação referente à evolução da infraestruturização do país. Destaca-se o facto de nos dados existente não existir informação referente ao tratamento de água para abastecimento, estando subentendido que a água fornecida passa por um processo de tratamento.

Ano	Abastecimento de água	Drenagem de águas residuais	Tratamento de águas residuais
1975	39.6%	17.4%	1.1%
1976	49.7%	33.5%	2%
1987	62.5%	42.3%	11%
1990	79.6%	61.8%	-
1993	82.7%	64.5%	-
2007	92%	80%	70%
2016	96%	83%	82%

Figura 4 - Evolução no abastecimento de água, na drenagem e tratamento de águas residuais, (Frade et al., 2015a; Ministério do Ambiente, 2007; Pato, 2011)

Finalmente em 1990, por obrigação da transposição das diretivas comunitárias para a Lei Portuguesa, existe pela primeira vez normalização dos parâmetros de abastecimento de água e águas residuais para todas as entidades gestoras, ficando sobre responsabilidade da Direção-Geral da Qualidade do Ambiente a fiscalização do cumprimento da respetiva Lei.

No ano de 1993 com o Decreto-Lei nº 372/93 de 29 de outubro, permite-se o uso de capitais privados no setor, que juntamente com aqueles que eram recebidos dos fundos comunitários permitiam um salto significativo na infraestruturização do país. No mesmo ano, com o Decreto-Lei nº 379/93 de 5 de novembro surge a separação dos sistemas de esgotos e abastecimento em “alta” (sistemas multimunicipais concessionados pelo estado ou entidades públicas ou com capitais maioritariamente públicos) e em “baixa” (sistemas municipais concessionados por entidades públicas ou privadas).

Ainda em 1993 é criada a empresa Águas de Portugal SGPS S.A, conseguindo-se a partir daqui mais e melhores condições de financiamento para a infraestruturização hidráulica do país. A fiscalização e regulação das obras passariam a ser efetuadas então pelo Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) a partir da sua criação em 1998. A partir daqui, ao contrário do que era hábito até então, passa a haver informação exaustiva sobre o estado das infraestruturas do país, sendo publicados relatórios com carácter anual.

Novos investimentos no setor viriam a ser realizados apenas em 2007, aquando da governação de Francisco Nunes Correia como Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, estabelecidos no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II), que prevê o novo ciclo de investimentos entre 2007 e 2013. Aqui são definidos novos regimes jurídicos para os sistemas municipais e multimunicipais, bem como a parceria entre estado e autarquias para os sistemas em baixa, sendo também dadas novas capacidades ao IRAR. Os diplomas relativos a este novo ciclo de investimentos só são publicados em 2009. É de notar que a entidade referida anteriormente, à data da publicação dos diplomas passou a ser denominada de ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos), possuindo atualmente autonomia para normalização e regularização do setor, assumindo o papel de entidade reguladora independente.

Atualmente, Portugal encontra-se sobre vigência do PENSAAR 2020, que sucedeu ao PEAASAR I e PEAASAR II, respetivamente. Com a criação destes documentos as entidades reguladoras e o Estado pretendem criar normas para que o país se torne uniforme nos serviços

de abastecimento de água e drenagem que presta à sua população, definindo metas e objetivos a alcançar durante o período de implementação do plano.

2.2 A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) em Portugal.

Segundo o RASARP de 2017, Portugal atingiu uma rede de 9717 Km de condutas adutoras (rede em alta) e 10077 Km de redes de distribuição (rede em baixa). No entanto, é de referir a uma grande necessidade de reabilitação, em particular das condutas mais velhas, uma vez que os indicadores associados a avarias e ineficiências se encontram fora dos padrões de qualidade. Tal informação, já vem sendo repetida no RASARP de 2004 e 2008. Na Figura 5, retirada do Guia Técnico 16 sobre Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água apresenta-se de forma mais sucinta a informação a reabilitação de condutas entre os anos de 2004 e 2008.

Sector e indicador	Valores Média ponderada					Intervalo de referência (Bom desempenho)
	2004	2005	2006	2007	2008	
Abastecimento de água: produção e adução						
AA 11 –Cumprimento do licenciamento das captações de água (%)	90	64	67	64	60	100
AA 12 –Utilização das estações de tratamento (%)	70	62	66	64	67	70-90
AA 13 –Capacidade de reserva de água tratada (dias)	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	≥ 1
AA 14 –Reabilitação de condutas (%/ano)	3,0	1,8	1,3	0,6	0,4	1-2
AA 16 –Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	16	12	12	11	8	0 -15
AA 18 –Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	4,2	3,2	3,0	4,1	4,1	0 - 4
AA 19 –Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m ³ /100 m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,27 - 0,4
Abastecimento de água: distribuição						
AA 13 –Capacidade de reserva de água tratada (dias)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	≥ 1
AA 14 –Reabilitação de condutas (%/ano)	0,9	1,6	1,3	0,8	0,9	1-2
AA 15 –Reabilitação de ramais (%/ano)	2,2	2,9	2,6	2,3	2,0	2
AA 16 –Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	99	81	67	63	55	0-15
AA 18 –Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	18,6	16,9	15,8	15,2	14,1	0-15
AA 19 –Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m ³ /100 m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,27 - 0,4

Figura 5 - Desempenho infraestrutural das entidades gestoras reguladas pela ERSAR, (Alegre e Covas, 2010)

O quadro exposto apenas sintetiza informação das entidades reguladas à data pela ERSAR, aferindo-se, no entanto, que em média a reabilitação das condutas se encontra abaixo do que seria desejável pelas boas práticas, que indicam que os tempos de vida útil não devem ultrapassar os 50 anos. A Figura 6 apresenta informação relativa a reabilitação de condutas entre os anos de 2004 e 2011. Em 2016, segundo os dados do RASARP 2017 a média de reabilitação é de 4%, valor que se mantém desde 2013. Constata-se a necessidade urgente de reabilitação, sobretudo das condutas mais antigas.

No entanto, reabilitar os sistemas de abastecimento de água é uma tarefa difícil, visto que se tratam de infraestruturas enterradas, cujo diagnóstico é difícil de fazer, aliando-se ainda a falta de fundos por parte das entidades gestoras.

Com vista a inculcar nas entidades gestoras o sentido de responsabilidade e as condições necessárias para a reabilitação das condutas existente, a ERSAR, passou a tornar públicos os resultados das avaliações sistemática do desempenho, atribuindo também prémios às melhores entidades gestoras.

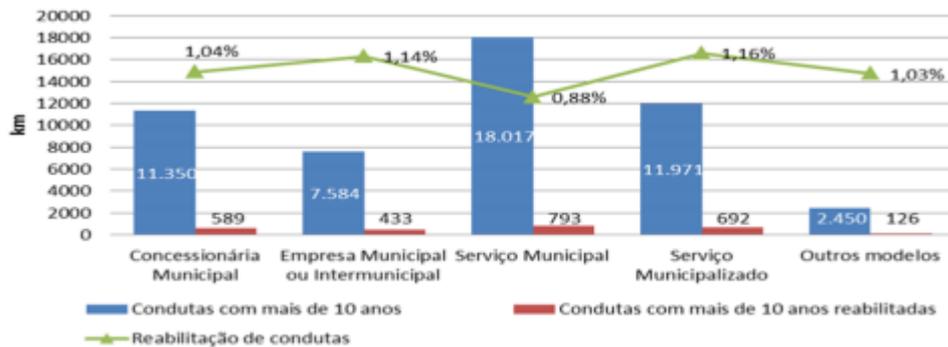


Figura 6 - Reabilitação das condutas em baixa reguladas entre 2004 e 2011 pela ERSAR, (Frade et al. 2015a)

Reabilitar não significa necessariamente substituir as estruturas que estejam física ou funcionalmente degradadas, mas sim que estas sejam intervencionadas, para garantir que continuam a responder aos critérios de eficiência e de qualidade para os quais foram concebidas. Dentro deste conceito é ainda necessário referir que não é possível atribuir tempos de vida útil à rede, mas sim aos elementos isolados destas. Por exemplo, os equipamentos mecânicos como as bombas terão um tempo de vida útil inferior ao das condutas onde estão inseridos.

A gestão patrimonial de infraestruturas deve definir-se por um balanço entre o desempenho, o risco e o custo que requer intervenção a nível estratégico, tático e operacional, envolvendo competências de gestão, engenharia e informação, tal como refere (Alegre e Covas, 2010) e se ilustra na Figura 7.

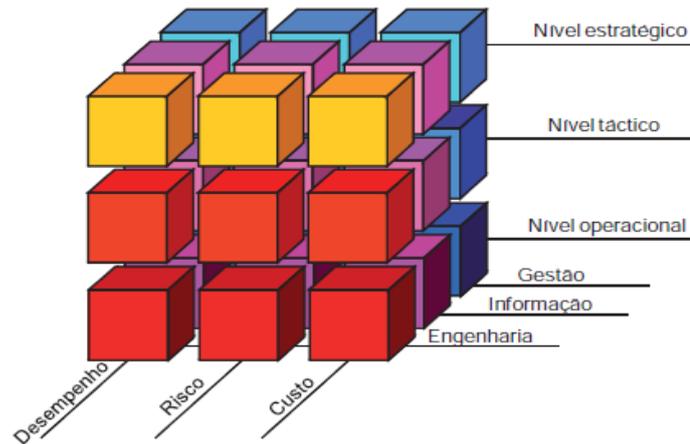


Figura 7 - Gestão patrimonial de infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010)

Quando se procede à reabilitação de forma inadequada, esta pode resultar em degradação do sistema ou anomalias no seu funcionamento, resultando no futuro em limitações do serviço prestado e maiores custos para a entidade gestora, uma vez que a curto prazo haverá a necessidade de voltar a reabilitar o que foi mal-executado.

Quando se procede a operações de reabilitação estas devem ser avaliada do ponto de vista técnico (com análise das características hidráulicas, estrutural operacional e de manutenção do sistema), económico e financeiro (uma vez que condutas deficientes podem traduzir-se numa redução do valor residual do sistema, bem como no aumento de futuros investimentos, penalizações devidas à má qualidade da água fornecida, entre outros), de saúde pública e segurança (risco derivados da degradação das condutas que poderá originar problemas de qualidade da água fornecida), ambiental (mal aproveitamento da água que se escoa em fugas, dos recursos associados ou mesmo no tratamento destas nas estações de tratamento, os impactos ambientais recorrentes das obras realizadas, e a gestão inadequada dos recursos produzidos) e social (destacam-se os inconvenientes resultantes para as populações das avarias que causam interrupção no abastecimento, das obras que causa interrupções do trânsito criando atrasos na circulação e baixas de faturação no comércio existente na zona intervencionada). Em regra, apenas os dois primeiros fatores são analisados.

Para se proceder à gestão patrimonial de infraestruturas, tal como é discriminado por (Alegre e Covas 2010), deve proceder-se a uma manutenção do tipo periódica. Com este tipo de intervenção garante-se, além de um aumento do tempo de vida útil da rede, a criação de inventários atualizados, o que permite a tomada de decisão sobre futuras intervenções mais

eficientes. Segundo a mesma fonte é ainda necessário identificar e fazer a gestão do risco, otimizar as amortizações e os reinvestimentos e adotar uma visão a longo prazo.

Em síntese, para uma correta e eficiente GPI, é necessário proceder-se à gestão da informação existente e da nova informação recolhida, uma vez que não adianta ter os dados se estes não forem trabalhados ou não estiverem num formato ou plataforma acessível e fácil de trabalhar, e não os possuir acarreta um desconhecimento da rede o que se traduz em maiores custos de gestão.

É ainda do conhecimento geral que no mundo da construção, aquando da execução da obra é frequente a necessidade de realizar algumas alterações ao projeto inicial, derivados de problemas aquando da execução da obra. No caso das obras de saneamento em concreto, como se tratam de obras que na sua maioria se desenvolvem debaixo do solo, não existe total conhecimento das condições reais do subsolo, uma vez que as sondagens realizadas são pontuais por razões económico-financeiras e não cobrem todo o desenvolvimento da obra o que pode gerar problemas de implantação da rede, sendo necessárias alternativas ao projeto que não serão registadas para conhecimento futuro.

Com o intuito de ajudar as entidades gestoras a melhor gerir as suas redes, a ERSAR em conjunto com o LNEC, no guia técnico já referido (GT16), propõe a elaboração de um plano estratégico por cada entidade gestora, que deverá servir de base a um plano tático e consequentemente a um plano operacional. Este último deve ter uma periodicidade de revisão trimestral ou semestral, procurado sempre anular as derivações que se verificam em comparação com os objetivos determinados.

No que concerne ao plano estratégico, este deverá contemplar as metas e objetivos a longo prazo, quer para expansões da rede ou para a sua reabilitação, sendo os objetivos enquadrados caso se trate de uma ou outra situação. Deve ainda fazer-se a referência da infraestrutura a que se refere, enquadrando-a (populações servidas e delimitação do espaço em que se desenvolve). Dependendo do que é especificado no plano estratégico, é posteriormente elaborado o plano tático, enquadrando-se aqui a Gestão Patrimonial de Infraestruturas com o planeamento de intervenções de reabilitação. É de notar que este deve ser elaborado para cada uma das infraestruturas em particular. Por fim são elaborados os planos operacionais, devendo a sua implementação ser avaliada e controlada de forma a poder responder se os objetivos da entidade gestora são ou não alcançados. É ainda de notar que (Alegre e Covas 2010),

recomendam uma revisão anual dos planos, devendo-se evitar períodos superiores a 5 anos, visto que a administração pública se rege por orçamentos que são aprovados para períodos de 5 anos.

Para a GPI é necessário o conhecimento dos componentes do sistema, para tal é fundamental a existência de um cadastro atualizado que contemple informação sobre elementos substituídos ou que já não se encontrem em serviço. Assim, cada entidade gestora deve possuir informação que permita avaliar se os objetivos propostos nos planos estratégicos e táticos são ou não cumpridos e os dados que permitam aferir sobre o estado de funcionamento e conservação das infraestruturas. Deve ainda identificar os componentes mais críticos e elaborar medidas para minimizar os riscos, fazer previsões sobre consumos futuros identificando de que forma o sistema se encontra preparado ou não para responder a essas solicitações. Por fim, pretende-se ainda que a entidade gestora possua dados sobre o valor real da infraestrutura. É de destacar que muitas entidades gestoras, sobretudo as que se encontram com a tarefa de gerir redes no interior do país, que têm visto a sua densidade populacional a diminuir nos últimos anos, por migração para as grandes cidades ou para o estrangeiro, encontram-se com redes sobredimensionadas, acarretando condições de exploração muito diferentes das que estiveram na base da sua conceção. Na Figura 8 são apresentados os dados que a ERSAR considera importante recolher para a obtenção de um cadastro.

Atualmente, o país ainda se encontra com realidades distintas ao nível da gestão das infraestruturas existentes, existindo algumas entidades gestoras com melhores condições para o financiamento e execução de obras/manutenção. Neste binómio, por norma as pequenas e médias entidades gestoras são sempre as que apresentam maiores dificuldades para implementar mecanismos de gestão patrimonial de infraestruturas. Para estas, quando não é possível a recolha de informação com carácter mais rigoroso, como se ilustra na Figura 8, o guia técnico referido aconselha que seja feita a recolha de informação com base na Figura 9 e na Figura 10.

Componente	Informação mínima necessária	Informação complementar desejável
Conduatas	localização; comprimento; diâmetro; material.	data de entrada em serviço; cota piezométrica mínima a satisfazer nos pontos notáveis; tipo de junta; qualidade de construção (qualitativa); data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Ramais	localização	comprimento; diâmetro; material; data de entrada em serviço; qualidade de construção (qualitativa).
Reservatórios	localização; capacidade; n.º de células; cota de soleira.	geometria; material; data de entrada em serviço; níveis (cota) de operação; qualidade de construção (qualitativa); data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Estações elevatórias	localização; n.º de grupos electro-bomba. <i>Por grupo:</i> potência; tipo de grupo; caudal nominal; altura de elevação; origem e destino da água.	Por grupo: data de entrada em serviço; marca / modelo; data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Órgãos de manobra e controlo	Para os principais órgãos: tipo (válvulas reductoras de pressão ou caudal, válvulas de seccionamento, ventosas, válvulas de retenção, válvulas de descarga); localização; diâmetro; localização em caixa (sim/não).	Para os principais órgãos: data de entrada em serviço; subtipo (e.g., cunha, borboleta); marca / modelo; princípio de funcionamento; pressão/caudal de regulação (só para as válvulas reguladoras). Para os restantes órgãos: Informação mínima necessária e informação complementar desejável.
Equipamento de monitorização	Tipo (e.g., medidores de caudal, de pressão ou de qualidade da água); localização; diâmetro (só para medidores de caudal).	Data de instalação; subtipo (e.g., electromagnético ou volumétrico, manómetro ou transdutor); marca / modelo; parâmetros medidos; sistema de aquisição e transmissão de dados; medição (permanente ou temporária).

Figura 8 - Dados de cadastro relevantes no âmbito da GPI, (Alegre e Covas, 2010)

Data de entrada em serviço	Qualidade da construção
após 2005	Excelente
entre 2001 e 2005	Boa
entre 1991 e 2000	Média
entre 1981 e 1990	Má
entre 1971 e 1980	Péssima
entre 1961 e 1970	
entre 1941 e 1960	
entre 1921 e 1940	
até 1920	

Figura 9- Exemplos de informação qualitativa sobre as infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010)

Componente	Informação desejável
Conduatas	<ul style="list-style-type: none"> - localização, data e tipo de falhas; - intervenções de reparação e de reabilitação pontual; - estado de conservação; - reclamações de serviço (localização, data e tipo).
Ramais	<ul style="list-style-type: none"> - data e tipo de falhas; - estado de conservação.
Reservatórios	<ul style="list-style-type: none"> - data e tipo de falhas (órgãos de manobra e controlo); - intervenções de manutenção; - estado de conservação.
Estações elevatórias (por grupo)	<ul style="list-style-type: none"> - data e tipo de falhas; - intervenções de manutenção; - estado de conservação.
Órgãos de manobra e controlo	<ul style="list-style-type: none"> - data e tipo de falhas; - intervenções de manutenção; - estado de conservação.
Equipamento de monitorização	<ul style="list-style-type: none"> - data e tipo de falhas; - intervenções de manutenção.

Figura 10 - Informação operacional relevante para a GPI, (Alegre e Covas, 2010)

Na recolha da informação para elaboração do cadastro, deve ainda ser classificada o seu grau de confiança. Para tal, devem ser seguidos os indicadores de bandas de confiança e exatidão dos dados da *International Water Association* (IWA) e da ERSAR.

Quando se trata de reabilitar, além de se identificar “quanto”, “como”, “onde” e “quando”, como já foi anteriormente referido, é necessário fazer uma avaliação entre relação do custo, do desempenho e do risco, tendo-se sempre por base que se pretende a economia da obra/infraestrutura, ou seja minimizar o custo, obter o máximo desempenho da infraestrutura com o menor risco.

O risco engloba as probabilidades associadas às roturas das conduatas, avarias em estações elevatórias, problemas da qualidade na água por anomalias na infraestrutura, etc. Desta forma pretende-se criar prioridades de intervenção, que permitirão à entidade gestora realizar de

forma coerente a reabilitação da sua rede por forma a conseguir ter os melhores resultados possíveis. É de constatar que segundo dados do RASARP 2017, e apesar da evolução positiva a maioria das entidades gestoras em Portugal têm ainda um elevado número de perdas, tal como se ilustra na Figura 11. Entenda-se por perdas toda a água que apesar de ser captada e entrar no sistema de tratamento e distribuição não é faturada. Assim as perdas não são só inerentes a água perdida ao longo da rede (ineficiência associada a fugas que resultam de uma má conceção da rede ou até mesmo da degradação que esta sofre com o tempo), mas resultam também das ligações indevidas, ou mesmo de utilizações autorizadas (tais como lavagem de pavimentos, regra de jardins e usos em caso de incêndio). É ainda de notar que, com o tempo os contadores perdem a sua precisão na medição dos consumos.

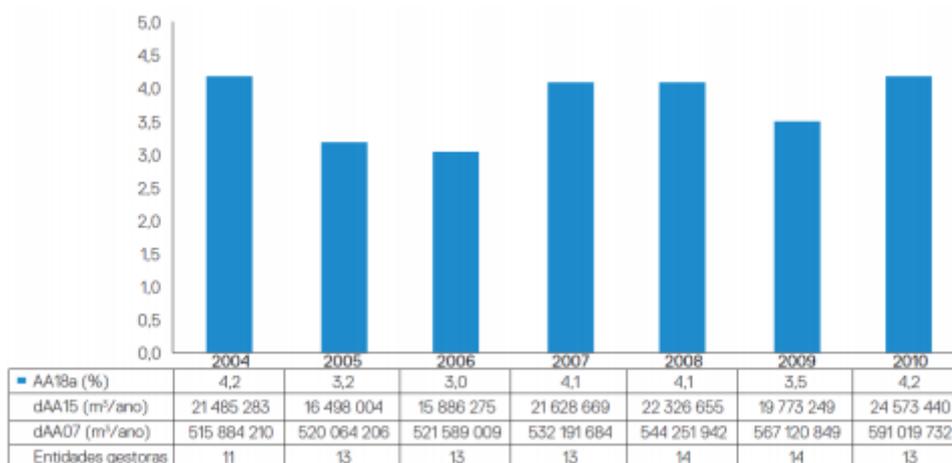


Figura 11 - Água não faturadas pelas EG reguladas pela ERSAR, (Frade et al., 2015a)

A redução e mitigação das perdas, devido ao elevado valor económico que estas representam para as entidades gestoras, são muitas vezes a principal causa de se pretender a reabilitação das redes. É de notar que em 2016, a média nacional de perdas era de 29,8 %. A título ilustrativo, apresenta-se na imagem abaixo (Figura 12) as perdas das entidades gestoras do NUT Norte, para áreas predominantemente e medianamente urbanas, podendo ser encontrados a totalidades dos dados no RASARP de 2017. A forma mais comum de monitorizar perdas realiza-se através da análise dos consumos noturnos, efetuando-se também os balanços hídricos das redes.

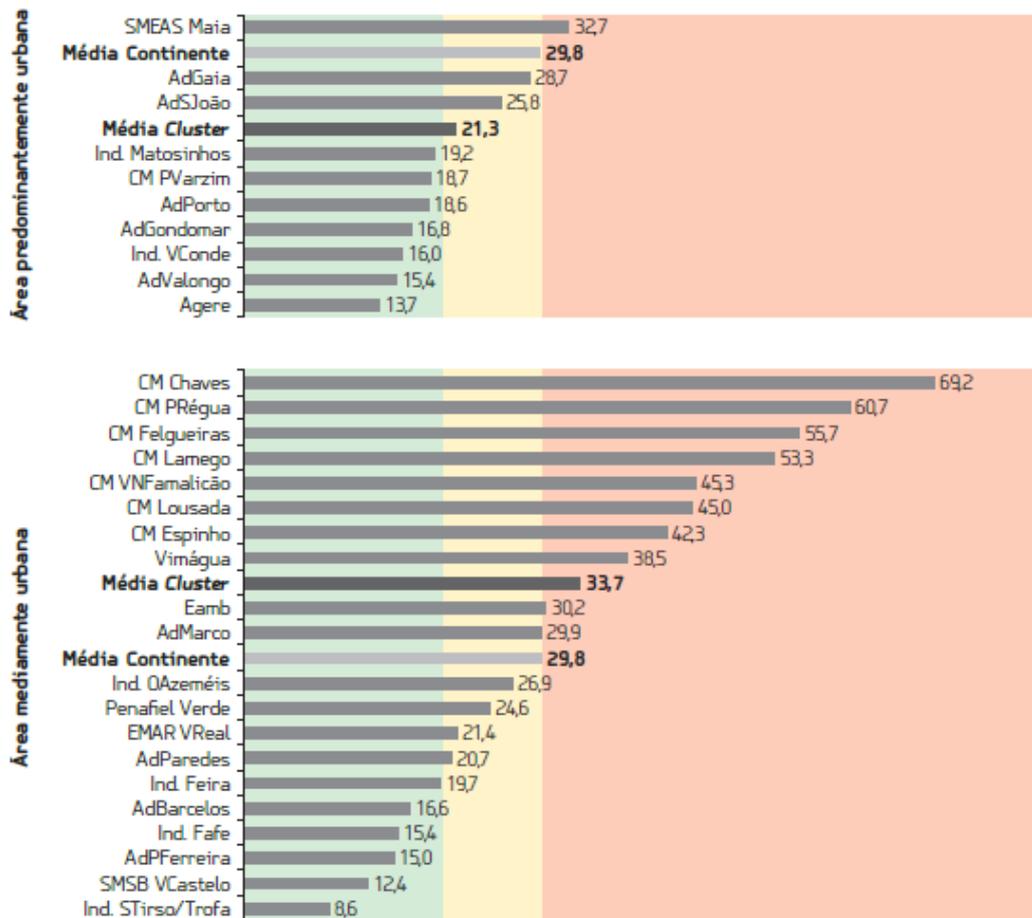


Figura 12 - Percentagem de perdas de água por entidade gestora no NUT Norte, (ERSAR, 2017)

Não basta apenas fornecer água às populações, é essencial que esta seja de boa qualidade. Em Portugal, têm-se registado melhorias significativas neste campo, tendo-se atingido em 2016 um valor de qualidade em 99,92% das análises realizadas, como demonstra o Figura 13.

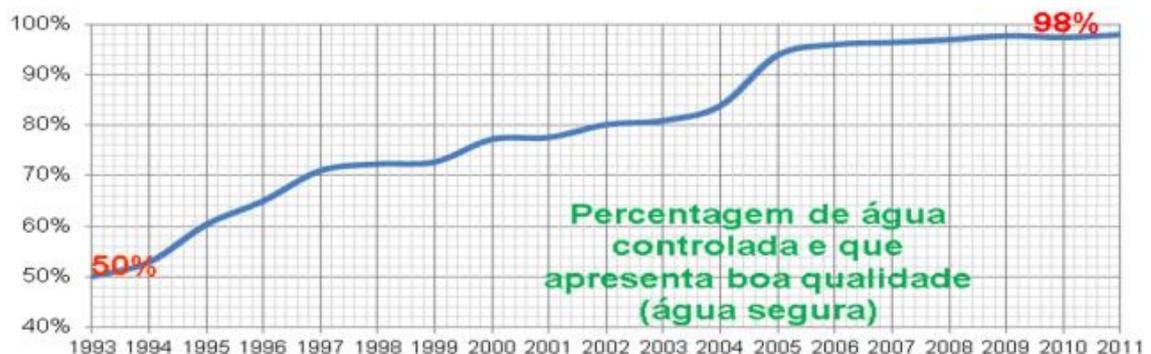


Figura 13 - Evolução da qualidade de água controlada e de boa qualidade, (Frade et al., 2015a)

A GPI é mundialmente reconhecida como essencial para a sustentabilidade dos serviços assentes em infraestruturas físicas de elevado custo de construção e manutenção (Alegre et al., 2012) , sendo para tal essencial assegurar a tomada de decisão o mais correta possível, de forma a maximizar o desempenho da estrutura ao mais baixo custo durante todo o seu tempo de vida útil. Neste contexto, torna-se essencial um bom projeto de *Facility Management*, que se abordará num capítulo posterior.

2.2.1 Projeto CARE-W e CARE-S

Desde o final do século passado que vêm sendo tomadas algumas iniciativas, em Portugal, para uma gestão eficiente das infraestruturas existentes. Assim, em 1995, foi levado a cabo, pelo LNEC, o Programa para Reabilitação de Sistemas de Distribuição de Água. Já depois da viragem do milénio, o LNEC participa nos projetos CARE-W que tinha como finalidade o estudo para reabilitação de redes de abastecimento de água que teve um período de trabalhos entre 2001-2005 e CARE-S, destinado à reabilitação de redes de drenagem de águas residuais, tendo o seu período de trabalho sido efetuado entre 2002 e 2006.

Atendendo aos desafios que o setor atravessa e à identificação das prioridades de intervenção e formação que foram identificadas com base nos projetos neste domínio, no ano da realização em Lisboa do Congresso Mundial da Água (2007) promovido pela *International Water Association* (IWA) é criado nesta associação um grupo especializado para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas.

2.2.2 Projeto AWARE-P

A escassez de recursos impõe a necessidade de práticas de manutenção de sistemas cada vez mais eficazes e eficientes, para os quais é essencial uma gestão integrada e sustentável. Assim, o projeto AWARE-P teve o seu foco numa abordagem integrada para a GPI sendo cofinanciada por fundos europeus.

Este projeto teve um período de vigência de 2009 a 2011, e teve como objetivo dotar as entidades gestoras com os conhecimentos e as ferramentas necessárias para a tomada de decisão eficiente e bem fundamentada, contribuindo ainda para a formação do meio técnico e

para a sensibilização das entidades gestoras para a necessidade de implantação gradual de técnicas bem estruturadas para a GPI (Alegre et al., 2012).

Neste projeto houve uma integração de diversas entidades com funções no setor, destacando-se a ERSAR, como entidade reguladora, o LNEC e o IST (Instituto Superior Técnico), como entidades promotoras de investigação no setor, a Addition e Ydreams. e como entidade tecnológica e entidades prestadoras de serviço, é exemplo a Adp Serviços S.A.

Assim o programa procurou dotar as entidades gestoras aderentes à iniciativa de conhecimentos e ferramentas necessárias para a tomada de decisão, formar de forma adequada os envolvidos nos processos de GPI, apoiar na implementação de processos de GPI, criar uma rede de partilha de resultados e experiências, por forma a tornar mais eficiente o processo de GPI para as entidades participantes no projeto.

Como resultado, foi elaborado um programa informático com o mesmo nome, o *AWARE-P*, sendo considerada uma aplicação inovadora em termos técnicos e computacionais (Alegre et al., 2012) que permite a visualização de várias alternativas de intervenção na rede, sendo uma ferramenta de extrema importância para a visualização e interpretação de resultados.

Em suma, após a aplicação do programa a entidades gestoras diferentes, foi possível identificar que a metodologia *AWARE-P* de GPI estabelece que o processo de GPI deve contemplar níveis de planeamento e decisão diferenciados, envolvendo os níveis estratégico (onde a entidade gestora define os objetivos a logo prazo), tático, (onde a entidade gestora define os objetivos a médio prazo) e operacional, (correspondendo à definição dos objetivos a curto prazo). Neste projeto, conclui-se ainda que para a GPI é necessário que as questões de engenharia, gestão e informação tenham o mesmo nível de importância dentro da organização.

2.2.3 Projeto colaborativo de I&DT iGPI

Após a conclusão do *AWARE-P*, pelo período aproximado de 1 ano (2012-2013) atendendo às necessidades do país, surgiu a Iniciativa Nacional para a GPI de serviços urbanos de água. Segundo (Alegre et al., 2012) a iniciativa visava capacitar 19 entidades gestoras para a implementação interna de programas para a GPI.

2.2.4 PENSAAR2020

Desde o ano 2000 têm vindo a ser criados documentos estratégicos com o intuito de regular e criar objetivos a ser cumpridos no setor da hidráulica urbana em Portugal.

Inicialmente designado por PEAASAR I (Plano Estratégico para Abastecimento de Água e Saneamento de Água Residual para o período 2000-2006) e PEAASAR II (plano estratégico para Abastecimento de Água e Saneamento de Água Residual para o período 2007-2013). A partir de 2014, embora com a mesma missão o plano estratégico muda de nome passando a designar-se PENSAAR.

O plano estratégico que vigorou entre 2007-2013, tinha como objetivo a universalidade, continuidade e qualidade do serviço prestado, quer em abastecimento de água, quer na drenagem de esgotos, visando a sustentabilidade do setor, ou seja, pretendia que as entidades conseguissem com base nas receitas recebidas fazer face às despesas de manutenção e operação, bem como fazer o uso eficiente das redes construídas. A proteção do meio ambiente foi ainda um dos objetivos deste programa, juntamente com o aumento da cobertura da rede de abastecimento de água para os 95%, objetivo que é cumprido ainda durante a vigência do plano, contrariando o que aconteceu com a rede de drenagem quando em 2013 apresentava uma taxa de cobertura abaixo dos 90%. Mais dados podem ser observados na Figura 14.

No entanto, através de estudos afetos a este plano prevê-se que não haja benefícios ecológicos numa cobertura superior à que o país possui atualmente, identificando-se e adiando-se avultados custos financeiros não justificáveis, atendendo a que a grande maioria da população que não é servida se caracteriza por pequenos aglomerados isolados, devendo na maioria dos casos ser adotados sistemas de drenagem e tratamento de água alternativos, tal como prevê o Decreto-Lei 23/95, que são menos custosos e mais adequados às características dessas populações. No entanto, verifica-se aqui um paradigma, uma vez que em 2010 a ONU considera o acesso a um sistema de abastecimento de água e esgoto como um direito de toda a população.

Indicador	Meta	Situação 2011
Atendimento Percentagem do número de alojamentos servidos por sistema público de saneamento de águas residuais	≥ 90% (Variação: 70-100%)	81% (20%-100%)
Qualidade da Água Percentagem da população equivalente servida por sistema público de saneamento de águas residuais que asseguram o cumprimento da legislação em termos de descarga de acordo com a respetiva licença	≥ 80%	89%
Sustentabilidade Percentagem de utilização de águas residuais tratadas	≥ 10%	0,1%
Eficiência + Sustentabilidade Percentagem de águas pluviais e de infiltração afluentes aos sistemas de drenagem	≤ 20%	≥ 40%

Figura 14 - Nível de cumprimento dos objetivos definidos no PEAASAR II, (Frade et al., 2015a)

O PEAASAR II previa ainda uma reutilização de água residual urbana de 10%, meta que ficou largamente por cumprir verificando-se apenas uma reutilização de cerca de 1%, com água a ser utilizada essencialmente para rega de campos de golfe no sul do país (zona onde existe uma maior carência hídrica) ou então dentro das próprias ETAR para a rega dos espaços verdes ou água de serviço.

O despacho nº 2339/2007 explana que, apesar dos progressos significativos demonstrados no período 2000-2006, persistem por resolver questões fundamentais no setor da água.

Do PEAASAR II concluiu-se ainda sobre a melhoria da qualidade das águas balneares, e das massas de água. Relativamente aos resultados negativos que o setor ainda apresenta, à data, estes teriam a sua origem na deficitária estrutura organizacional de gestão dos serviços e na questão tarifária (que não terá ficado resolvida durante o período de vigência deste plano) apesar de ser considerado um dos principais problemas a ser resolvido no futuro e edificado no PENSAAR2020.

O PENSAAR2020 tem então 5 eixos como objetivos principais, sendo que o objetivo fundamental é melhorar a qualidade do serviço prestado através da renovação das redes, minimização das afluências indevidas e aumento da fiabilidade das infraestruturas (Frade et al., 2015a). Para tal foram estimados os valores de intervenção apresentados na Figura 15.

EIXO	Investimento (M€)
EIXO 1: PROTEÇÃO DO AMBIENTE, MELHORIA DA QUALIDADE DAS MASSAS DE ÁGUA	918
EIXO 2: MELHORIA DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS	739
EIXO 3: OTIMIZAÇÃO E GESTÃO EFICIENTE DOS RECURSOS	1828
EIXO 4: SUSTENTABILIDADE ECONÓMICO-FINANCEIRA E SOCIAL	12
EIXO 5: CONDIÇÕES BÁSICAS E TRANSVERSAIS	208
Total	3705

Figura 15 - Investimentos estimados á data da elaboração do plano nos diferentes setores, (Frade et al., 2015a)

Este programa busca, como “imagem de marca”, a proteção do meio ambiente e a melhoria das massas de água. Atendendo ao que se vem falando e fazendo nas outras áreas a nível global, neste plano é também proclamada uma economia verde, procurando também a nível ecológico e ambiental a economia do setor. É de fácil intuito perceber que quanto menos poluída estiver a massa de água menos tratamento esta precisará para ser consumida pelos utilizadores da rede. Dessa situação advém poupanças a nível do tratamento da água, bem como a melhoria do meio ambiente, favorecendo a biodiversidade de espécies.

Este plano pretende ainda a criação de economias de escala e de gama e mais-valias ambientais, tudo objetivos que ficaram por alcançar no plano anterior. Dá ainda enfoque à capacitação dos sistemas de abastecimento de água e drenagem de águas residuais para poderem responder às solicitações criadas pelas alterações climáticas, assim como da sua capacitação para as mudanças sociais (tais como o aumento da urbanização e da concentração da população).

A criação de prioridades no acesso aos fundos comunitários, bem como o reforço das medidas de regulação do uso eficiente da água e o alargamento de soluções de gestão empresarial continuam a ser medidas prioritárias.

Os problemas mais importantes a serem resolvidos no período de vigência do PENSAAR 2020 são o desconhecimento das entidades gestoras das suas infraestruturas nos sistemas em baixa; a falta de adesão à rede apesar desta existir. Ressalva-se o facto de em 2016 96% do país possuir rede de abastecimento de água, sendo a sua taxa de adesão é de apenas 86,5% (RASARP, 2017).

A reabilitação insuficiente em cerca de 50% dos casos, abaixo do recomendado pelas boas práticas, coloca em causa a economia dos sistemas, uma vez que as perdas aumentam com o

tempo de vida da infraestrutura. A falta de conhecimento dos gastos nos serviços de saneamento e de tarifas economicamente justas que permita a sustentabilidade do setor e ao mesmo tempo que garanta a acessibilidade económica de todos os utilizadores são também problemas a ultrapassar. É de notar que entre 74,4% a 83,2% do financiamento do setor é assegurado pelas tarifas cobradas (Frade et al., 2015a). É ainda de destacar que a Diretiva Quadro da Água defende também o uso eficiente da água com a recuperação de todos os custos envolvidos.

Em 2012 existia uma grande disparidade da tarifa cobrada entre o interior, zonas maioritariamente rurais que teriam de fazer face às despesas de serviço e manutenção da rede e o litoral, onde predominam as cidades com grande densidade populacional. Por esta mesma razão, é no interior do país que as estruturas se encontram mais degradadas, prevalecendo ainda um grande número de perdas. Atendendo a que apesar de mais alta a tarifa o valor total dos gastos não se repercute nesta, existindo, por isso um grande endividamento das entidades gestoras do interior do país.

A imagem que se apresenta a seguir (Figura 16) visa esclarecer sobre a estratégia do programa PENSAAR 2020.



Figura 16 - Estratégia do PENSAAR 2020, (Frade et al., 2015a)

Estima-se que o investimento feito no setor hidráulico no período 2014-2020 seja de 3,5 mil milhões de euros, segundo dados do PENSAAR 2020.

2.3 Legislação

Atualmente existe diversa regulamentação para o setor da hidráulica em Portugal. É de salguardar que muita desta regulamentação é transposta da regulamentação e diretrizes europeia para o setor, cujo Portugal está subordinado desde que aderiu à União Europeia. No presente documento pretende-se fazer apenas uma breve análise da regulamentação existente para a elaboração de projetos de engenharia hidráulica bem como para a sua exploração e gestão, não sendo desta forma analisada toda a regulamentação existente/vigente.

2.3.1 Decreto-Lei 207/94

Até então a regulamentação que existia para o abastecimento de água e de drenagem de esgotos datava de 1943 e 1946, respetivamente, existindo a necessidade de atualização, devido à evolução tecnologia e conceptual.

Este Decreto-Lei evidencia as responsabilidades da entidade gestora, salvaguardando os ensaios a serem feitos pela mesma antes das redes entrarem em serviço, garantias de qualidade da água de abastecimento, informação atualizada, etc.

São ainda definidos os deveres dos consumidores, bem como a obrigatoriedade da ligação à rede pública de abastecimento de água dos ramais prediais, no entanto não estabelece qualquer obrigatoriedade de consumo da água da rede pública. Segundo dados do relatório anual de 2017 publicado pela ERSAR, (RASARP, 2017) verifica-se que apesar da cobertura de abastecimento de água do país atingir os 96%, apenas 86,5% consome água da rede pública. No entanto, a utilização da rede de esgotos apresenta uma taxa de utilização de 100% da cobertura.

O documento normativo salvaguarda ainda os casos em que a entidade gestora pode interromper o fornecimento de água, bem como a sua responsabilidade de instalação e manutenção dos contadores.

2.3.2 Decreto-Lei 23/95

Em Portugal o abastecimento de água às populações é regido pelo Decreto-Lei nº 23/95 que vem substituir as Portarias n.os 10367, de 14 de abril de 1943, e 11338, de 8 de maio de 1946, evidenciando-se a desatualização da legislação existente aquando da entrada em vigor da nova legislação em 1995 derivado da evolução conceptual e tecnologia vivida ao longo do período 1946-1995.

Fazendo a análise deste Decreto-Lei, verifica-se que se defende o equilíbrio económico e financeiro, indo assim ao encontro em parte ao que já foi descrito a cima sobre necessidade de encontrar soluções que permitam maximizar o desempenho e minimizar os custos e os riscos, explicitando assim que a gestão do abastecimento de água e da drenagem deve, preferencialmente, estar sobre responsabilidade da mesma entidade.

O Decreto-Lei prevê o facto de em situações especiais ser possível realizar-se o abastecimento de água por formas alternativas às redes de abastecimento de água. Note-se que nem sempre as soluções mais caras e tecnológicas se adaptam à realidade do país, e também se deve ter em conta os fluxos de mobilidade dos cidadãos. É ainda de notar que na maioria das vezes, nas zonas do interior, as bacias hidrográficas não apresentam grande pressão urbana e industrial, motivo pelo qual a água se apresenta num estado de qualidade aceitável. Assim sendo, as populações podem utilizar estas águas para a grande maioria das suas necessidades, como por exemplo o uso agrícola ou doméstico. No entanto não deve ser esquecido que toda a população tem direito a um sistema de abastecimento de água e drenagem.

A qualidade da água destinada a consumo humano é tratada num Decreto-Lei próprio - Decreto-Lei nº306/2007.

É dada informação sobre a realização dos cadastros, à luz do que é sugerido pela ERSAR nos seus guias técnicos (uma vez que estes foram elaborados tendo por base a legislação existente, pretendendo apenas torná-la mais clara, utilizando para isso alguns exemplos práticos). Refere informação sobre o valor mínimo de perdas a ser considerado na projeção de redes de abastecimento de água (10%), não sendo aceitáveis valores de perdas superiores a 20% (valor referido no PENSSAAR 2020) a pesar da média nacional de perdas, como já foi anteriormente referido encontra-se próximo dos 30%.

No mesmo documento normativo é dada ênfase aos caudais mínimos de capitação, atendendo ao número de habitantes que a rede irá abastecer. No entanto, e numa altura em que o consumo de água deve ser cada vez mais realizado de uma forma racional, ou seja, as populações devem ser sensibilizadas para os problemas de falta de água derivados de fenómenos extremos e solicitações cada vez maiores, devendo o consumo de água ser feito de forma consciente, estes valores devem ser criteriosos, uma vez que podem contribuir para o sobredimensionamento das redes que serão projetadas ou reabilitadas.

No entanto, o uso eficiente da água será um hábito difícil de inculcar nas populações, sobretudo na população mais velha que vê o acesso à água, em suas casas, para as tarefas do quotidiano como um bem adquirido. Mudar hábitos é uma tarefa extremamente difícil, por isso é melhor inculcar-lhos aos mais novos, sensibilizando-os desde cedo nas escolas para o gasto eficiente de água, para que em casa possam, por sua vez, educar os pais. A existência de aplicações que nos permitem ter em tempo real, no nosso telemóvel, os nossos desperdícios enquanto abrimos a torneira também ajudarão a tornar os consumos mais eficientes. Assim como a criação de regulamentação que permita penalizar os utilizadores que consomem água sem qualquer tipo de preocupação ambiental (exemplos destas penalizações seriam “quem mais consome mais paga” ao invés das tarifas sociais que beneficiam as famílias mais carenciadas ou numerosas).

No mesmo documento é ainda dada informação sobre os critérios gerais de dimensionamento das redes, tendo artigos próprios para o abastecimento domiciliário de água e para a drenagem de águas residuais, dando ainda indicação dos materiais possíveis de serem utilizados nas condutas nos diferentes casos de serviço

São ainda explanadas as responsabilidades das entidades gestoras no que concerne à manutenção da rede e dos seus componentes.

A Comissão de elaboração do plano PENSAAR 2020 prevê a necessidade de atualização deste documento, atendendo às novas exigências do setor, estando-se atualmente a proceder à sua revisão.

2.3.3 Decreto-Lei 194/2009

O Decreto-Lei 194/2009, visa atribuir responsabilidades às entidades gestoras, atendendo aos objetivos estratégicos nacionais, bem como os deveres destas (manutenção da informação, atualização tecnológica, etc.), assim como as responsabilidades da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (ERSAR).

Este decreto salvaguarda o abastecimento de água com elevado nível da qualidade ao menor custo possível, para os utilizadores da rede. Tal só pode ser efetuado se se garantir o máximo desempenho da rede.

É ainda enfatizado o facto das entidades gestoras que possuam mais de 30000 habitantes terem um sistema de gestão patrimonial de infraestruturas, um sistema de gestão de segurança, um sistema de gestão ambiental, um sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho.

2.3.4 Decreto-lei 195/2009

O presente Decreto-Lei visa normalizar e tornar claro as responsabilidades dos concessionários dos serviços de abastecimento de água, dos serviços de drenagem de águas residuais e da gestão de resíduos urbanos. Como notas fundamentais no que diz respeito ao abastecimento de água, salvagam-se as normas de que as concessionárias devem aplicar um único tarifário a todas as entidades gestoras que servem, bem como tornar explícito as regras de medição de caudais. Esclarece ainda sobre a responsabilidade das concessionárias no projeto de construção das infraestruturas.

2.4 Desafios para uma gestão sustentável de sistemas hidráulicos urbanos

2.4.1 As alterações climáticas e a intermitência temporal e espacial no acesso à água.

A água encontra-se à superfície da terra nas mais diversas formas, precipitando na superfície terrestre sobre a forma de chuva, neve, granizo, entre outras formas; depois da sua evaporação, que se dá maioritariamente nos oceanos. Da precipitação resultam as escorrências (que vão diretamente para as linhas de água; alimentam os lenções freáticos, lagos e pântanos) ou resultam em água absorvida pela matéria vegetal contida à superfície da terra. Por evaporação a água regressa à atmosfera, resultando assim num ciclo contínuo. Este é um sistema complexo e sensível do qual depende a vida no nosso planeta.

Da água existente no planeta, 97% encontra-se nos oceanos, 2% em forma de gelo nos calotes polares e apenas 1% é água doce. Desta última fatia, que representa a água mais acessível de ser consumida pelo ser humano nas suas diversas atividades, 97% encontra-se em lagos, 11% em pântanos e 2% nos nossos rios, tal como se ilustra na Figura 17. Esta distribuição é heterogénea em latitude e longitude. Apesar de a água ser um bem presente em grande quantidade, pelos valores apresentados, apercebemo-nos que nas condições que permitam o seu consumo, esta se apresenta um bem escasso.

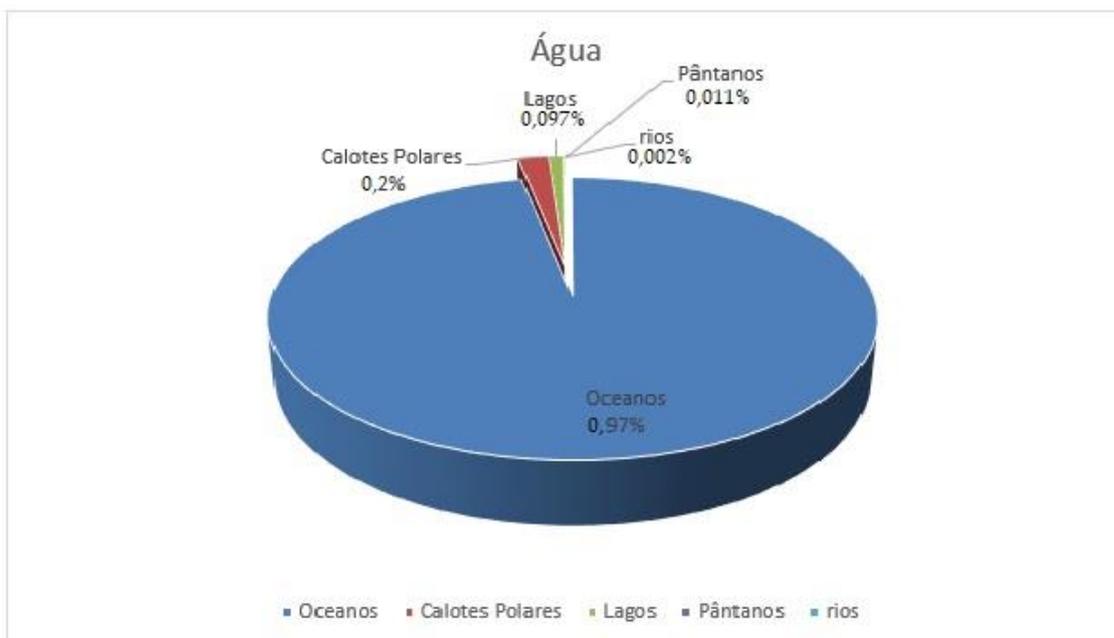


Figura 17 - Disponibilidade de água no planeta

Da água atualmente disponível para ser consumida nas várias atividades da sociedade, dados recentes apontam que 70% desta é utilizada na agricultura, 22% na indústria e apenas 8% para consumo doméstico.

Desde meados do século passado, com a melhoria das condições de vida das populações, o consumo de água para os diversos usos sofre uma procura mais intensificada, sendo cada vez mais utilizada água para a produção de alimentos, na indústria e até mesmo no dia-a-dia das populações para os usos domésticos, resultando daqui um crescente nível de poluição do meio hídrico.

Os efeitos das alterações climáticas tem especial repercussão no meio hídrico, resultando numa intermitência temporal no acesso à água que se torna cada vez mais evidente, decorrente dos fenómenos de secas e precipitações intensas, que cada vez são mais extremas e que, quando associadas a áreas densamente povoadas podem causar situações catastróficas para essas povoações (Vieira, 2018). Verifica-se atualmente que populações que se enquadram na tipologia aqui definidas são vastamente afetadas por fenómenos de inundações derivados de períodos de precipitação intensa, que estão muito associados à falta de capacidade de drenagem das águas pluviais nestas zonas, e que estão associadas a bacias de drenagem muito impermeabilizadas. A escorrência gerada poderá causar falhas e roturas nos sistemas de abastecimento de água, verificando-se a contaminação da rede por água não tratada ou até mesmo a interrupção no abastecimento das populações. No caso de as roturas causadas não serem reparadas verificar-se-á o comprometimento do correto e eficiente funcionamento da rede de abastecimento de água.

A subida do nível médio da água do mar, que é um dos resultados das alterações climáticas, pode resultar na contaminação de reservas de água doce. Outro problema associado a esta subida será observado nos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais. Atendendo às cotas de muitas das nossas ETAR, que se situam em zona de costa facilmente inundadas por este fenómeno, será necessário tomar-se medidas de prevenção que permitam contornar os problemas que daqui advenham. Num cenário onde não serão tomadas medidas preventivas para contornar as consequências deste fenómeno, poder-se-á assistir, também, a uma contaminação, da água que circula nas condutas para abastecimento público, por água salina através de pequenos orifícios.

Têm-se ainda verificado um aumento das temperaturas médias anuais. Em algumas situações verifica-se que os verões são cada vez mais rigorosos e com temperaturas cada vez mais altas, e os invernos apresentam-se com temperaturas cada vez mais amenas. Este aumento de temperatura contribui para o aparecimento de biofilmes nas redes de abastecimento de água. O aumento da temperatura potencia ainda uma maior eficácia do cloro como agente desinfetante. Por outro lado, como já referido também potenciam o crescimento bacteriano, que quando combinado com o cloro pode dar origem a subprodutos do cloro tais como a formação de Trihalometanos.

Em períodos de seca, a disponibilidade de água nas captações diminui, aumentando também a deterioração da qualidade da água, sendo favorecidos fenómenos de eutrofização entre outros. Assim, as ETA deparam-se com uma água bruta de menor qualidade, sendo necessário implementar tratamentos mais eficientes, resultando em custos mais avultados de exploração. Como já foi anteriormente referido, as alterações climáticas são potenciadoras de graves impactos na sociedade, sendo necessário repensar a forma como usamos a água e gerimos as infraestruturas.

A resposta à falta de água provocada por estes fenómenos embora possível é complicada. Em Portugal, a barragem do Alqueva, no sul do país, foi uma resposta dada pelas entidades políticas responsáveis aos períodos de seca que aí se faziam sentir e que influenciavam sobretudo a agricultura da região. A albufeira apresenta uma capacidade de armazenamento de 4150 milhões de m³, sendo 3117 milhões de m³ passíveis de serem utilizados, apresentando uma enorme capacidade de regulação em períodos nos quais o rio Guadiana não é capaz de responder de forma eficiente às solicitações. Atualmente a paisagem alentejana, assim como o cultivo das suas terras é completamente diferente do que se evidenciava no início do século, sendo o castanho das terras substituído pelo verde da vegetação existente, devido aos cultivos que agora lá existem.

À luz do que aconteceu no sul do país, em 2005/2006 foi lançado o Plano Nacional de Barragens, após a passagem do país por um período de seca extrema. Este plano, além de pretender reforçar a capacidade hidroelétrica do país, permitiria também aprovisionar água em períodos de pluviosidade para períodos de seca, que se se estimam cada vez mais frequentes durante períodos cada vez mais longos. No entanto, este plano foi abandonado, ficando algumas das barragens por construir. É importante salientar que atualmente a capacidade

hidroelétrica do país é em grande parte assegurada pela energia solar e eólica, que sofreram grandes investimentos nos últimos anos.

Portugal, apresenta, a nível mundial, um confortável índice de disponibilidade hídrica, tendo a sua população, à semelhança do que acontece um pouco por todo mundo, se estabelecido nas margens dos rios e lagos. Atendendo a que os maiores rios de Portugal nascem em Espanha, (rio Douro, rio Tejo, rio Guadiana) o país encara-se com a necessidade de uma gestão conjunta com as entidades espanholas.

A Diretiva-Quadro da Água, que por obrigações comunitárias foi transcrita para a lei portuguesa, evidencia as preocupações com este recurso, procurando resgatar o bom estado da água, destacando também a necessidade de fornecer água em bom estado e de forma contínua à população com o intuito de atenuar as alterações climáticas. Fruto desta normativa Europeia, em Portugal foram resgatadas as formas de gestão da água por bacias hidrográficas, resultando em 8 regiões distintas que coincidem com os principais rios do país. Destaca-se a importância desta medida, uma vez que cada região possuiu características próprias de acesso à água, possuindo este bem em maior ou menor quantidade, com variações no nível de qualidade da mesma. Esta forma de gestão, permite assim a criação de medidas próprias para cada bacia, à luz das características do meio hídrico que possuiu.

Em 2010, fruto das necessidades que se faziam sentir nesta matéria, é aprovada a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC), tendo-se desenvolvido a primeira fase de trabalhos entre 2010 e 2013. Desta primeira fase, foi possível concluir quais as ineficiências existentes na estratégia aplicada, resultando daqui a revisão do plano com vista a reforçar a aposta no desenvolvimento de uma economia competitiva, resiliente e de baixo carbono, contribuindo para um novo paradigma de desenvolvimento para Portugal (Ambiente)

2.4.2 Variação dos consumos de água em meio urbano

Derivado das melhorias das condições de vida, que se deve em grande parte à melhoria das condições de saneamento básico, a população mundial tem aumentando significativamente. Sendo a população rural inicialmente dominante, com a revolução industrial, as populações

urbanas começaram a ganhar peso na sociedade, verificando-se um aumento proporcional entre o número de habitantes em zonas rurais e em zonas urbanas, tal como é possível visualizar na Figura 18. No entanto a partir da década de 80, o número de habitantes nas cidades aumenta, não se verificando a mesma tendência nas populações rurais, atingindo-se nos primeiros anos do novo milénio uma equidade no número de habitantes rurais e citadinos.

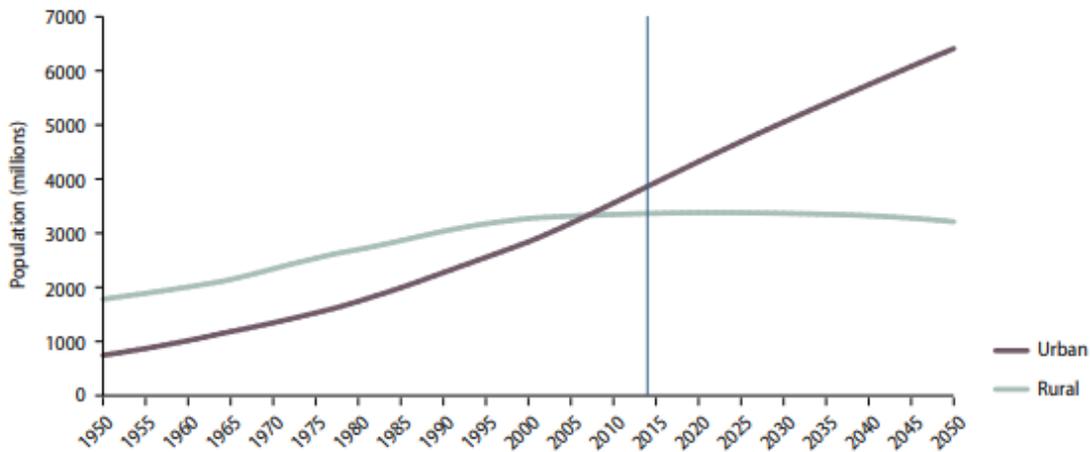


Figura 18 - População rural e urbana 1950-2050, (ONU, 2014)

Atualmente, a população rural tende a diminuir e ao invés a população urbana vê o seu número aumentar de forma exponencial, tomando as cidades uma dimensão cada vez maior. Acoplado a este crescimento, surgem novas cidades, aumentando também o número de habitantes das já existentes. Segundo dados da ONU, em 2014 existiam 28 megacidades, ou seja, cidades que possuíam uma população superior a 10 milhões, é estimado que este número suba para as 41 cidades em 2030. Mais dados podem ser observados na Figura 19.

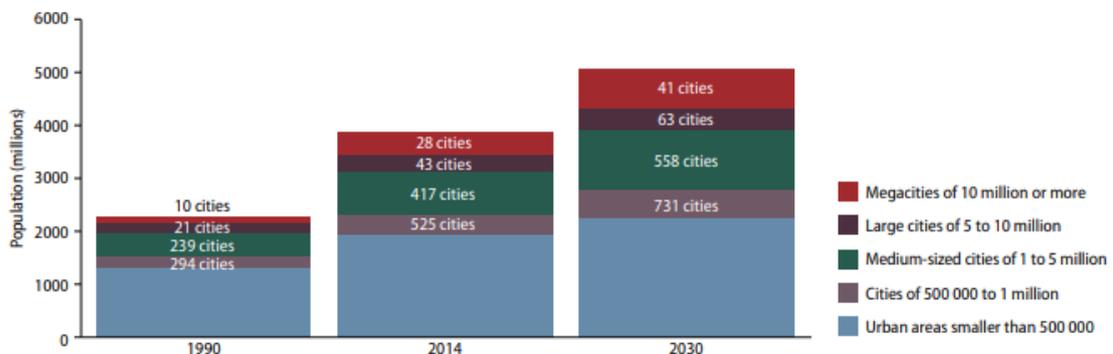


Figura 19 - Evolução das cidades 1990-2030, (ONU, 2014)

Associado a este crescimento das cidades e dos seus habitantes surgem outros problemas tais como a impermeabilização dos solos, o elevado nível de poluição, assim como as solicitações cada vez maiores de água associados a uma área restrita, levando a uma sobre-exploração dos recursos disponíveis, uma vez que a natureza não consegue repor com a mesma velocidade à qual se consomem os seus recursos, originando um défice que também se repercute na alimentação natural dos rios através do escoamento dos aquíferos (Vieira, 2003).

As alterações climáticas originam cada vez mais frequentes eventos de precipitação intensa, que associada aos elevados níveis de impermeabilização das cidades, originam com maior periodicidade fenómenos de inundações. O solo das cidades apresenta capacidade reduzida para absorver a precipitação condicionando assim a alimentação dos lençõs freáticos, que em parte responderia às solicitações requeridas por este novo modelo de sociedade. Em algumas cidades, procurando responder aos problemas da falta de água, são construídas infraestruturas que permitem a retenção da água pluvial, sendo, noutros casos, feita a reutilização da água residual tratada. Em suma, o fenómeno das alterações climáticas aliado às altas solicitações de água nestes novos modelos de viver em sociedade prova de forma notória a falta de água, que pode ser resolvida de diversas formas, necessitando de grandes investimentos e de uma conscientização das populações para os desafios da gestão eficiente de água.

Um número tão elevado de pessoas trará também novos desafios para as entidades gestoras que irão sentir a necessidade (tendo em conta os recursos existente) de abastecer estas sociedades. Sendo que a água é um recurso finito serão necessários novos modelos de gestão.

As variações sazonais de população agravam este problema. No sul do país, onde o turismo apresenta grande expressão, principalmente no verão e onde o clima é pretensamente mais quente, sendo a precipitação média anual inferior a que se verifica na região norte, já se verifica uma subexploração dos lençõs freáticos, situação semelhante à esperada para as megacidades. Evidencia-se desta forma a necessidade de construir novas infraestruturas e adquirir novas fontes de água, sendo necessário para tal investimentos financeiros avultados e tempo para o planeamento e gestão de novas infraestruturas, que muitas vezes não são capazes de dar resposta ao ritmo de crescimento destas cidades (Li et al., 2015)

2.4.3 Desafios para as cidades do futuro

Como já referido, atualmente Portugal apresenta uma cobertura de 96% em abastecimento de água, correspondendo assim a uma infraestruturização quase completa do país. Quando associado este grau de infraestruturização com o abandono das zonas do interior, as entidades gestoras deparam-se com a existência de rede que tem capacidade de resposta superior às solicitações atuais. A necessidade de manutenção e gestão destas redes, que agregada ao pequeno aglomerado que estão a abastecer causa desafios específicos para as entidades gestoras que não são refletidos nas tarifas cobradas aos consumidores. Numa análise aos dados do RASARP de 2017, verifica-se que as entidades que apresentam um maior volume de perdas são as que situam no interior do país.

O abastecimento de água nas cidades poderá resultar de um acumular de situações, incluindo a construção de infraestruturas que permitam captar água em pontos bastante afastados das cidades, reaproveitamento da água pluvial através da construção de infraestruturas para o seu armazenamento, reaproveitamento da água residual tratada, utilização da água do mar, entre outras soluções.

A construção de infraestruturas para o aproveitamento das águas pluviais poderá ser uma solução não muito viável, apesar de já ser utilizada em alguns países, com a construção de galerias subterrâneas de grandes dimensões que permitem abastecer as populações. Contudo, no cenário atual de alterações climáticas, os períodos de seca, poderão prolongar-se por longos meses, não sendo viável a construção de infraestruturas para armazenar quantidades de águas tais que permitam o abastecimento em contínuo.

A captação de água em pontos afastados das cidades, à semelhança do que era feito no império romano, atendendo aos elevados níveis de solicitação nestas novas cidades, levaria, eventualmente, a que em escassos anos os pontos de captação desta água não fossem suficientes para responder às solicitações, existindo mais uma vez problemas de falta de água, ficando as infraestruturas construídas para o transporte de água inutilizáveis.

A reutilização da água residual poderá ser uma solução para os problemas de falta de água, contudo a aceitação social pode ser uma barreira à sua implementação. Nesta solução existe a necessidade de capacitar as estações de tratamento de água de tecnologia de ponta que permita o correto e eficiente tratamento de forma a que a água que delas saia seja considerada própria para consumo.

A utilização da água do mar, que através de filtração por membrana, onde se removem os sais da água, é uma das soluções encontradas em alguns países. Este processo que se verificava inicialmente bastante dispendioso, nos últimos anos, fruto dos avanços conceptuais e tecnológicos, tem visto o custo a diminuir, apresentando-se assim como uma solução ao abastecimento de água nas cidades do futuro.

Só com um planeamento atempado, em que seja possível obter dados reais das redes de abastecimento de água e das tendências para abandono de determinadas zonas, assim como o planeamento do crescimento das cidades será possível fazer uma gestão dos investimentos necessários. As poupanças resultantes da substituição de redes de abastecimento em zonas em que o número de habitantes o justifique por outras soluções igualmente válidas, assim como uma gestão eficiente que permita o máximo desempenho das redes, permitirá investir em novos sistemas de tratamento de água mais rigorosos e eficientes, que permitam o abastecimento de água das cidades, procurando-se alcançar a sustentabilidade do setor.

Não se espera, contudo, que a solução aplicável numa determinada zona/cidade seja igual em todas as outras, sendo necessário um estudo atempado, que permita encontrar as soluções que melhor se adaptem a cada realidade. Ressalva-se que a melhor forma de poupar será sempre na prevenção/planeamento atempado do que a tentativa de mitigar as consequências da falta de planeamento.

Quando falamos de megacidades, a disponibilidade de água é um desafio, não só pelas grandes solicitações deste recurso que aí se fazem sentir, como já foi referido, mas destaca-se também a necessidade de elevação desta para alturas significativas, uma vez que cada vez são mais os edifícios que atingem alturas elevadas. Atualmente, segundo dados das Águas de Portugal cerca de 8% da energia produzida no mundo, é utilizada para as atividades de abastecimento e saneamento, o que faz prever que com esta evolução social, os gastos de energia para elevação de água sejam cada vez maiores, gerando-se por consequência taxas de serviço mais elevadas, para fazer face às despesas.

Conclui-se assim que face a estes desafios, justifica-se uma análise integrada dos sistemas urbanos, desde a sua conceção, à construção e exploração

Capítulo 3 - BUILDING INFORMATION MODELLING

3.1 O BIM (*Building Information Modelling*) e a Engenharia Civil

O *Building Information Modelling* é uma metodologia de trabalho colaborativa e de troca de informação que visa acompanhar todo o tempo de vida útil do edifício, desde a sua conceção até ao fim de vida da infraestrutura (Bian, 2016) constituindo uma base confiável para a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida. Na Figura 20 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, apresenta-se esta ideia de forma mais elucidativa.

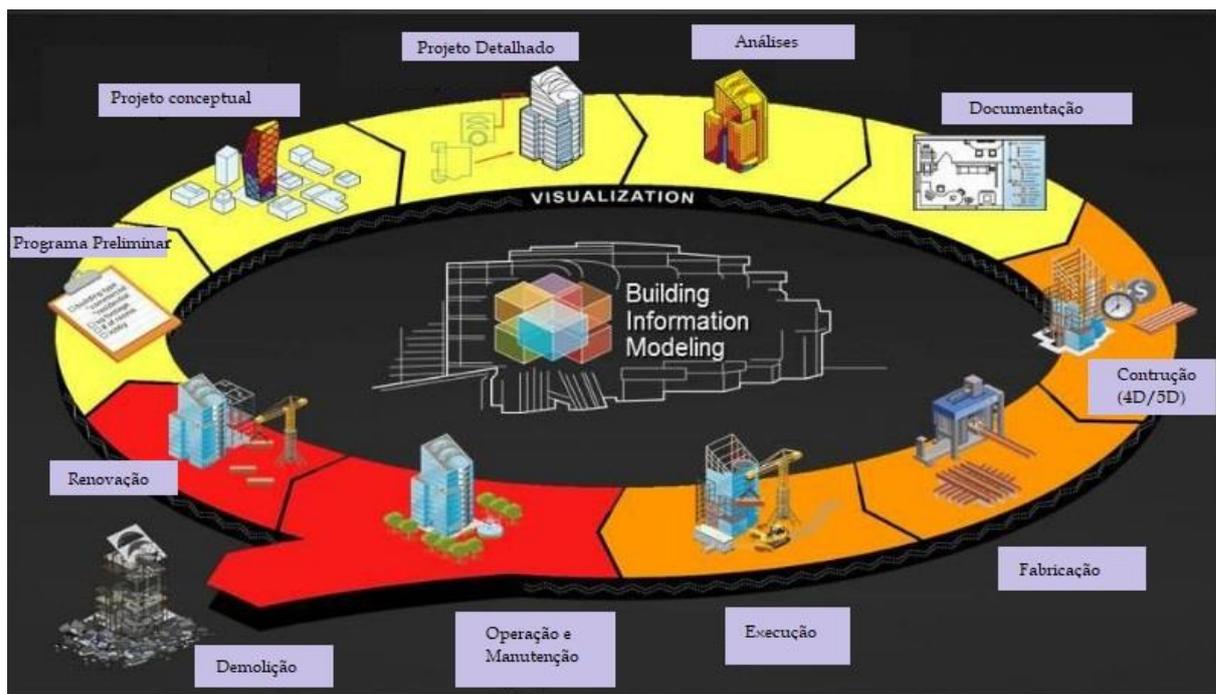


Figura 20 - *Building Information Modelling* nas diferentes etapas da vida de uma obra, adaptado de (Mello, 2012)

O BIM é uma metodologia de trabalho desenvolvida em gabinetes de arquitetura e engenharia que viram no trabalho colaborativo e na troca de informação uma grande potencialidade para uma maior rentabilidade na execução dos seus projetos. O BIM é mais que a elaboração

tridimensional do projeto, tornando-se numa filosofia de trabalho que engloba arquitetos, engenheiros, construtores, donos-de-obra, pessoal técnico para a gestão da obra após a sua construção etc. englobando na mesma plataforma toda a informação inerente ao projeto tornando assim o processo muito mais claro para todos os envolvidos. Destaca-se ainda a facilidade com que esta plataforma permite obter as alterações a nível visual, económico, entre outras ainda em fase de projeto pela alteração por exemplo de um dado material, assim como atempadamente prever possíveis colisões, potenciando uma solução, ainda em fase de projeto, eficaz e de baixo custo, assim como a facilidade com que é possível gerar desenhos automáticos.

O BIM distingue-se por ser uma representação digital da infraestrutura, baseada em objetos inteligentes e paramétricos, que permitem obter e analisar toda a informação associada, de forma rápida e fácil, com elevada precisão permitindo assim que a fase de projeto e execução de obra seja mais rápida, fácil e com menos desperdícios, assim como para uma gestão eficiente ao longo de todo o ciclo de vida da construção, conseguindo-se tornar o setor mais eficiente, reduzindo significativamente os custos e desperdícios. É ainda de assinalar a facilidade de obtenção de custos, troca de informação de forma eficaz entre os vários intervenientes e obtenção de vistas em qualquer parte do modelo de forma quase automática.

O método tradicional, onde o projeto era efetuado em duas dimensões, obrigava a que o mesmo espaço fosse desenhado várias vezes a escalas diferentes e de pontos de vista diferentes, para que assim se obtivesse a tridimensionalidade. Todo este processo era moroso, envolvendo grandes gastos de tempo. Aliando-se a este fator, a alteração de uma determinada característica obrigaria a que todos os restantes desenhos tivessem de ser alterados, levando a erros na maior parte das vezes, devido a uma correção não realizada numa determinada peça desenhada, podendo traduzir-se em atrasos e maiores custos aquando da construção. É de salientar que os problemas aqui referidos e que muitas empresas de construção ainda se deparam por projetarem pelo método tradicional já foram identificados por Chuck Eastman, em 1974 (Winberg e Dahlqvist, 2010).

Para além da representação digital tridimensional, o BIM incluiu ainda um conjunto de bases de dados, que garante, de forma adequada, a gestão integrada de toda a informação disponível.

A elaboração de projetos em BIM é já prática com carácter obrigatório, em países como a Inglaterra e Singapura, no entanto, apesar de ser uma prática largamente divulgada a nível mundial, Portugal permanece ainda com o processo de implementação bastante atrasado, comparativamente com os países referidos. Muitas das empresas portuguesas que atualmente usam este processo colaborativo para a elaboração, execução e manutenção do projeto fazem-no, numa primeira instância por imposição de entidades estrangeiras com quem trabalham, verificando à *posteriori* os benefícios. No entanto, esforços significativos são feitos para a implementação do BIM em Portugal, destacando-se a CT 197 (Comissão Técnica de Normalização BIM). É ainda de destacar o Congresso nacional de BIM, que teve em maio de 2018 a sua segunda edição, onde se explanou o que se tem feito em Portugal de mais inovador neste âmbito, procurando sempre acompanhar aqueles que utilizam esta metodologia como prática corrente (ptbim, 2018)

Para as empresas, as despesas com a aquisição de aplicações informáticas BIM, assim como mão-de-obra especializada para o uso destas ferramentas, são o grande impasse para a sua utilização. Esta metodologia de trabalho mostram-se como um processo mais dispendioso numa fase inicial de implementação da metodologia com os gastos inerentes à aquisição do *software* e à formação de técnicos para trabalharem com estas ferramentas no entanto, como se ilustra na Figura 21, este processo requerer um detalhamento do projeto numa fase inicial superior ao que é normalmente utilizado pelo método tradicional, o que permite numa fase inicial identificar-se erros e omissões refletindo-se em poupanças significativas, comparativamente com as metodologias tradicionais, onde, normalmente, apenas na fase de construção se conseguia identificar os erros e omissões, levando a gastos superiores, que também se refletem em maiores tempos de duração da obra.

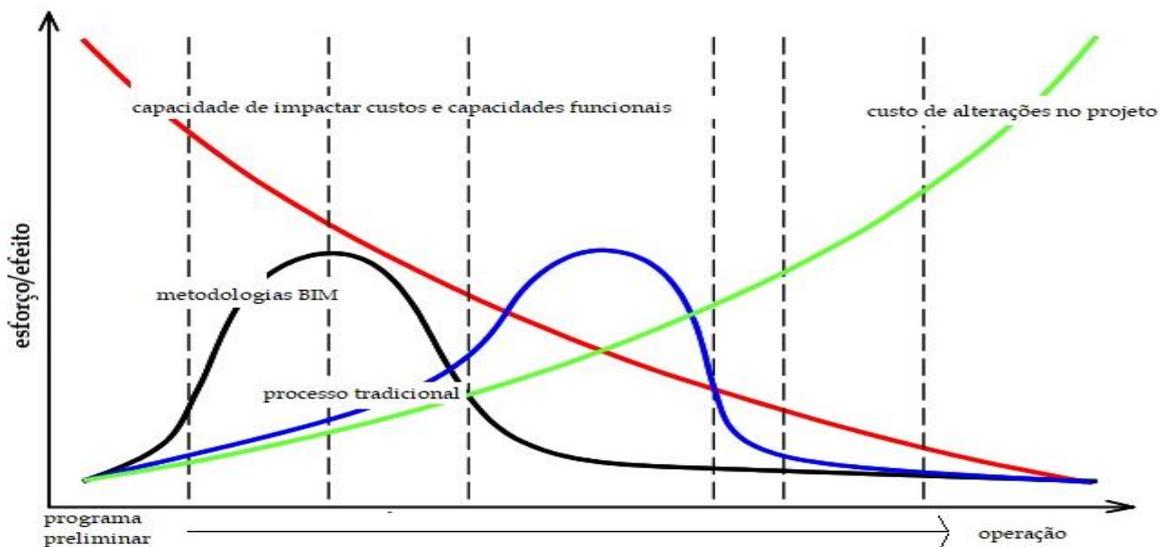


Figura 21 - Curva de *MacLeamy*, adaptado de (CURT, 2004)

Dentro do BIM existem 2 conceitos que permitem aos intervenientes no processo quantificar a qualidade e quantidade de informação (gráfica e não gráfica) presente no modelo: o Nível de Especificação e o Nível de Desenvolvimento (LOD).

Na normalização do Reino Unido é utilizado *Levels of Specification*, que engloba o Nível de Detalhe (*Level of Detail*) e o Nível de Informação (*Level of information*), ou seja, um modelo é construído tendo em conta a informação gráfica e não gráfica, sendo que à medida que se evolui no modelo elaborado, se evolui no nível de informação que este apresenta.

O LOD foi desenvolvido pela *American Institute of Architecture* (AIA), e especifica a quantidade e qualidade de informação presente num modelo. Existem 5 níveis de LOD, estando estes, muitas vezes, associados a fases diferentes do ciclo de vida da obra. O LOD permite, desta forma, que cada interveniente no processo possa saber o grau de confiabilidade da informação constante no modelo, uma vez que a cada LOD corresponde um determinado nível de detalhe da informação presente no modelo. A título ilustrativo apresenta-se a Figura 22 onde a informação a vermelho representa a que deve ser inserida no modelo em cada LOD.

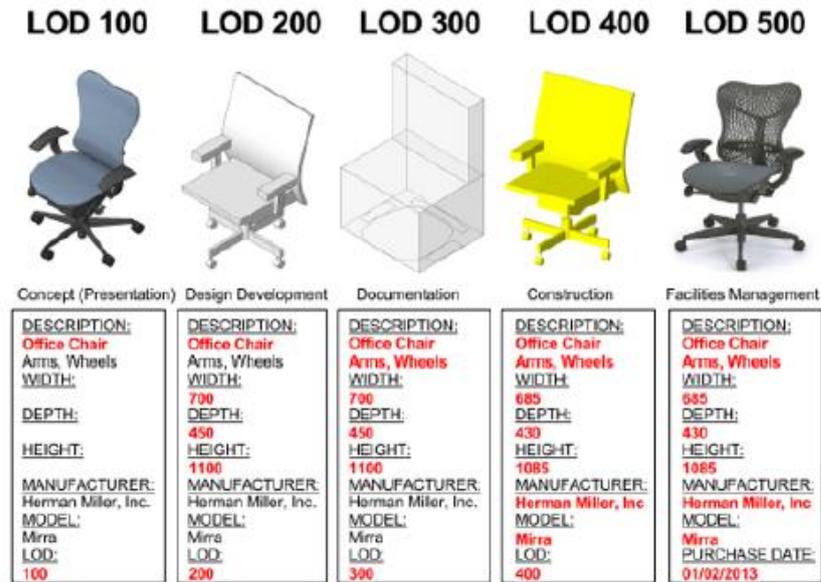


Figura 22 - LOD, informação constante no modelo

É ainda importante referir, que nem sempre se justifica obter um LOD elevado, resultando este num desperdício de recursos. Assim importa sempre antes de se começar a elaborar o modelo, definir, em conjunto com todos os intervenientes no processo qual o Nível de Desenvolvimento necessário para a obra em questão, elaborando-se *à posteriori* o modelo, de acordo com essa especificidade. Salienta-se ainda que o LOD pode variar no mesmo projeto de especialidade para especialidade, bem como diferentes fases de projeto, requerem LOD's diferentes.

O LOD 500 (escala AIA) é considerado como uma representação digital *as-built*, ou seja, todos os elementos estão modelados de acordo com a realidade construída, sendo assim o nível de desenvolvimento requerido para as operações de *Facility Management*. Considera-se assim que o modelo apresenta toda a informação de forma confiável. No entanto, deve-se ter em conta que para se obter um projeto com um LOD 400 (que em teoria dará lugar ao LOD 500) é necessário o investimento elevado de tempo e recursos, não sendo por norma o grande detalhe existente no projeto com este nível de desenvolvimento necessário para se efetuar as operações de manutenção. Por exemplo quando se insere uma porta num modelo, para realizar a sua manutenção, precisa-se de saber onde a porta foi inserida, que tem por exemplo maçaneta e dobradiças de determinado tipo sendo indispensável saber a cor da porta, a cor da maçaneta assim como o local exato de colocação dos elementos referidos. Destaque-se ainda os casos, em que se realiza o processo de elaboração do projeto e construção em BIM,

obtendo-se no fim da construção um LOD 400, no entanto não existe passagem eficiente de informação entre os diversos intervenientes/fases do projeto, o que leva a que os responsáveis pelas operações de FM não tenham acesso ao modelo, realizando um levantamento da construção, para a fase de manutenção, apresentando-se um nível de detalhe da informação bastante inferior ao LOD 400. Existem, porém, outros casos, como se exemplifica nesta dissertação que o LOD 500 para a realização das operações de manutenção é obtido numa fase posterior à realização da obra por levantamentos detalhados da realidade construída, atendendo a ineficiência na passagem de informação entre as diversas fases.

Em suma aquando da realização do projeto é necessário o envolvimento dos responsáveis pelo *Facility Management* para que desde o início sejam tomadas todas as decisões para evitar o desperdício de tempo, trabalho e recursos, contendo o modelo apenas a informação necessária para a elaboração da obra e sua manutenção.

3.2 BIM e infraestruturas hidráulicas

Atualmente, não se encontram com a frequência desejada, infraestruturas existentes, projetadas pelo método tradicional que tenham sido, posteriormente, modelados em BIM. Segundo Volk et. al (2014) os fatores fundamentais para este facto passam por:

1. Elevado esforço para a modelação/ conversão de dados
2. Atualização de informação em BIM
3. Manipulação de dados incertos, objetos e relações em BIM que ocorrem em edifícios existentes

É de esperar que tais problemas também surjam nas infraestruturas de abastecimento de água e atendendo que o grau de cobertura das redes é muito próximo de 100%, estaríamos a considerar atualmente, se necessário, proceder à modelação de obras que já se encontram construídas e das quais na maioria das vezes não existe informação.

Constata-se ainda que a construção de edifícios é uma construção muito mais controlada, ou seja, mesmo que sejam edifícios de grandes dimensões, comparativamente, às infraestruturas de abastecimento de água, estes são construídos num espaço limitado, o que permite de uma

forma geral ter um conhecimento com elevada confiabilidade das características do terreno onde este vai ser construído e dos mais elementos da envolvente. No caso das infraestruturas de abastecimento e drenagem, devido à sua grande extensão no terreno, de forma a dar resposta a todas as solicitações das povoações que foram ocupando o solo de forma desorganizada, não é possível ter um conhecimento aprofundado das condições do terreno. Muitas vezes, é durante a execução da obra e aquando da abertura de valas que os trabalhadores dos diversos quadros são surpreendidos com características do terreno que os obrigam a realizar desvios do traçado efetuado, e tendo em consideração que estas infraestruturas se desenvolvem, maioritariamente ao longo das vias de comunicação, existe uma grande facilidade de se desviar o traçado final do traçado inicial, conforme a rua onde vai sendo executada a obra assim o permita.

Se fizermos uma breve pesquisa, percebemos também que a aplicação do BIM tem a sua prevalência em edifícios de grande dimensão, sendo o projeto em BIM para pequenas moradias familiares ainda pouco executado. Pode-se justificar este facto, pela necessidade acrescida de em grandes obras ser necessário a coordenação entre as diversas especialidades de uma forma mais eficaz, atendendo à complexidade global do projeto que se revê na complexidade do mesmo em cada especialidade. Antes do BIM a coordenação entre as diferentes especialidades era uma tarefa árdua e trabalhosa. Numa comparação entre as infraestruturas hidráulicas e a construção de grandes edifícios, verifica-se, como foi anteriormente referido, que apesar de o traçado das infraestruturas hidráulicas ter que obedecer a regras específicas de traçado, é muito mais fácil a sua coordenação e instalação em obra, mesmo atendendo às singularidades encontradas no terreno. Note-se ainda que aquando da abertura das valas e colocação das tubagens, existe sempre uma variabilidade das coordenadas que não é tão fácil de controlar como na construção de edifícios.

Em suma, a grande diferença na aplicação do BIM nestes dois tipos de obras, passa pela necessidade de uma coordenação eficaz entre diversas especialidades nos edifícios, o que não acontece de forma tão notória nas obras de infraestruturas hidráulicas e de atualmente se fazer manutenção e reabilitação das redes existentes, em vez da construção nova.

3.3 Mais-valias do BIM

Segundo Vinagre (2007) os grandes problemas que as entidades gestoras do sistema adutor (sistema em alta) se deparam aquando da execução dos seus projetos passam por:

- Deficiência no cumprimento do prazo pelos projetistas;
- Definição de prazos pouco razoáveis pelas entidades gestoras;
- Problemas com licenciamento (nomeadamente ao nível de prazos);
- Erros e omissões nas medições;
- Falta de pormenor, qualidade e coerência nas peças escritas e desenhadas;
- Topografia insuficiente ou sem qualidade;
- Falta de reconhecimento no terreno pelos projetistas.

Atendendo à substituição das metodologias de trabalho tradicionais pelas metodologias BIM, alguns dos problemas identificados por Vinagre (2007) podem ser rapidamente ultrapassadas, uma vez que depois de dominadas as ferramentas, a elaboração do projeto se torna num processo mais rápido e fácil, permitindo a obtenção de peças desenhadas (cortes, plantas, alçados), assim como obter mapas de quantidades e medições de forma automática originando-se assim maior fiabilidade dos elementos obtidos. Destaca-se ainda que a utilização de *software* de representação 3D ajudam a que a conceção tenha um maior rigor e precisão.

Com as metodologias de trabalho BIM é ainda possível a coordenação de atividades de diferentes especialidades de manutenção para que o trabalho seja efetuado apenas uma vez, por exemplo: a execução de uma abertura no teto para inspeção da conduta de ar condicionado, pode ser utilizada para inspeção da rede elétrica. Ou no caso das infraestruturas hidráulicas, a realização de intervenções que originem a abertura de valas nas estradas para substituição de condutas, pode ser realizada em simultâneo com a requalificação do pavimento da estrada, se as datas previstas para as duas intervenções forem suficientemente próximas e se justifique a sua coincidência pelas poupanças em termos monetários e de incómodo para os utilizadores.

Se toda a informação for construída no modelo de forma correta, antes de se construir o modelo físico, é possível obter todos os níveis de desempenho da construção, com base no modelo virtual permitindo, por exemplo: tomar decisões que envolvam ganhos e perdas solares; identificar colisões e possíveis erros de projeto que permitirão poupanças eficientes

na execução do projeto; aferir sobre os constrangimentos que dada intervenção causará no dia-a-dia das populações. Devido à informatização do modelo, é possível ainda, de forma rápida e quase automática, discutir as melhores soluções para um dado projeto. O recurso a algoritmos de otimização vem deste modo contribuir de forma substancial para o ponto anteriormente referido.

Tradicionalmente, o projeto de redes de abastecimento de água e de drenagem é realizado recorrendo a plataformas CAD, no entanto, comparando com o BIM, as plataformas CAD tornam-se muito mais lentas (Bian, 2016).

No GT16, destaca-se a necessidade de para cada componente objeto de análise das redes ser necessário obter a informação contabilística constante na Figura 23. Assim pretende-se destacar a facilidade de com as ferramentas BIM ser possível, através da seleção de um dado elemento da rede, não só a inserção de toda a informação presente no quadro, assim com a sua visualização/atualização de forma rápida.

Tipo de dado	Dado	Articulação com o sistema de informação ...
Investimento	Identificação Tipo de componente Custo histórico (custo de aquisição) Data	Cadastro (SIG)
Intervenções de manutenção curativa	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG) Registos de ocorrência de falha
Intervenções de manutenção preventiva	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG) Sistema de Informação de Manutenção
Intervenções de reabilitação	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG)

Figura 23 - Principais dados contabilísticos com relevância para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas, (Alegre e Covas, 2010)

3.4 Facility Management (gestão de instalações)

A gestão de instalações tem tido grande avanço nos últimos anos fruto da necessidade cada vez maior de exploração das obras de engenharia com melhores condições para os utilizadores ao mais baixo custo. No entanto o termo *Facility Management* (FM) não é recente, surgindo na década de 60 do século passado, nos Estados Unidos. Na década de 70, os grandes impulsionadores deste conceito, estavam ligados à necessidade de adaptação e à evolução resultante das novas organizações funcionais dentro do local de trabalho (Soares, 2013).

Atualmente as várias instituições apresentam significados diferentes para o termo *Facility Management*, no entanto como sugere Soares (2013) pode concluir-se que todas elas referem que esta atividade faz a gestão de recursos, que combina pessoas, propriedades e experiências em gestão de processos para fornecer os serviços indispensáveis da organização.

Como já foi referido, os modelos BIM, agregam um elevado número de informação que deverá estar sempre atualizada. No entanto, não adianta reunir um elevado número de dados sobre uma infraestrutura se estes não forem devidamente organizados e trabalhados ao longo de todo o ciclo de vida. No entanto, o BIM vem sendo, quase que apenas, utilizado na fase de projeto e construção, sendo a sua aplicabilidade na gestão de instalações ainda pouco debatida. Segundo Ristimäki (2014) existem ainda poucos exemplos convincentes que apresentem benefícios nas fases do ciclo de vida das obras correspondentes à exploração e manutenção, justificando esta situação com o facto das ferramentas para a gestão e manutenção terem uma evolução mais lenta que a que é observada nas fases de projeto e construção, que são no fundo resultado das exigências do mercado e dos investidores. A seleção do *software* é um aspeto de extrema importância para o desenvolvimento desta atividade com sucesso no seio de uma organização.

No método tradicional, numa primeira fase era elaborado e executado o projeto, sendo numa fase posterior à entrega da obra, feito um levantamento para conhecimento e gestão da mesma. O BIM, como metodologia que agrega numa plataforma toda a informação inerente à obra, vem revolucionar e ser uma mais-valia para o *Facility Management*, visto que permite ter informação real e atualizada sobre a infraestrutura, poupando o tempo de recolha de

informação sobre esta para uma posterior gestão, evidenciando-se assim uma poupança significativa de recursos. Ressalva-se que o problema da gestão de informação leva a desperdício de recursos, reduzida produtividade dos funcionários e deficientes serviços prestados aos clientes (Eriksson, 2014), quando executada da maneira tradicional. Em síntese, a integração do *FM* no processo de elaboração de projeto e construção, através das metodologias BIM, permite a transição de toda a informação importante de forma gradual, sem custos e riscos inesperados.

O *Facility Management* é frequentemente considerado a sétima dimensão (7D) do BIM (Tender et al. 2018), fornecendo uma discriminação de todos os elementos da construção. Na Europa existem várias associações de *FM*, porém os estados de maturidade de cada uma destas é diferente de país para país, resultando da importância dada a este tema em cada Estado-membro. No entanto, é consensual que a fase de *FM* é a última, e sem dúvida, a mais longa fase do ciclo de vida de uma obra (Silva, 2016) apesar de ser uma área normalmente negligenciada, correspondem a esta etapa os maiores custos de toda a vida útil das construções. A título de exemplo, estima-se que cerca de 80% do custo total associado a um edifício é inerente à fase de manutenção e utilização (Silva e Soares 2003). Todavia durante muito tempo a gestão e manutenção das obras de engenharia era negligenciada, considerando-se apenas para o custo global o custo de projeto e a sua execução.

Como já foi anteriormente referido, nem sempre, durante a fase de obra é possível executar o projeto tal como ele é inicialmente concebido, sendo realizadas durante a obra pequenas alterações, resultando posteriormente em peças desenhadas que não se encontram em conformidade com a realidade construída, trazendo assim dificuldades acrescidas aos gestores de instalações, que trabalham sobre dados desatualizados e que nem sempre são de fácil atualização. Para obtenção de uma base de dados sempre atualizada, recomenda-se reuniões com periodicidade que permitam aos diversos intervenientes a atualização constante do modelo, atendendo às dificuldades encontradas em obra que contribuiram para as ligeiras alterações ao projeto. Salvaguarda-se a importância destas alterações para a eficiente manutenção e gestão da infraestrutura durante o seu funcionamento.

As operações de manutenção, quando devidamente planeadas e executadas, têm como grande mais valia aumentar a fiabilidade das obras a que se referem, podendo até mesmo melhorar o seu funcionamento e gerar economias. É de notar que a manutenção atempada pode diminuir em muito os custos associados à reabilitação quando se verifica o colapso da infraestrutura ou

situações próximas do mesmo. É ainda de ter em conta que a manutenção, de forma atempada, contribui para o aumento da vida útil da infraestrutura em questão, e do seu desempenho de forma eficiente e segura.

As operações de manutenção podem ser divididas em 3 grupos (Alves, 2008):

- Manutenção corretiva, que ocorre como forma de corrigir o funcionamento já deficiente;
- Manutenção preventiva, que visa as intervenções planeadas com determinada periodicidade para prevenir a ocorrência de problemas;
- Manutenção integrada; que permite o cruzamento de todos os dados da infraestrutura, permitindo manutenções mais eficientes e com menores gastos.

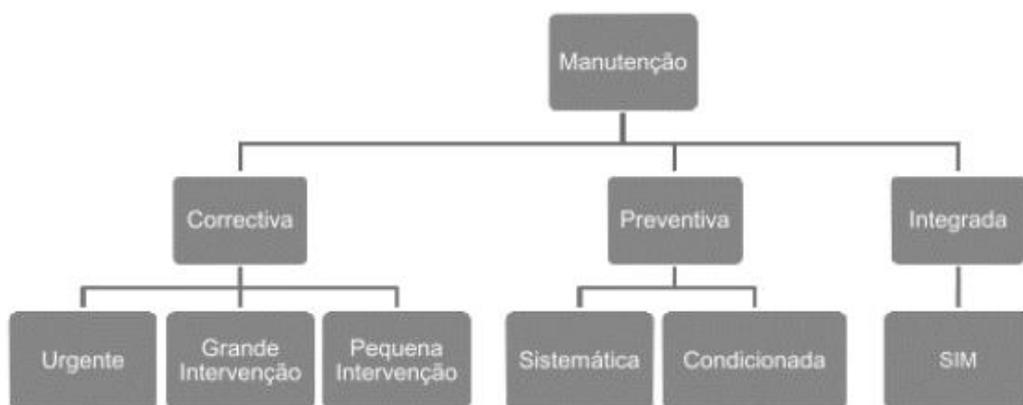


Figura 24 - Políticas de manutenção, fonte (Alves, 2008)

Quando se utilizam as metodologias BIM para realizar a manutenção, por norma está-se a fazer uma manutenção preventiva, uma vez que as atividades a realizar estão previstas *à priori*, atendendo ao tempo de vida útil dos materiais/elementos, tendo frequência de intervenção definidas, permitindo assim interferir o mínimo possível com o normal funcionamento da infraestrutura. Neste tipo de intervenção são utilizadas as premissas “onde”, “quando” e “como” inspecionar, sendo *à posteriori* realizadas as intervenções. Quando se trata da manutenção preventiva sistemática, apesar de obedecer a intervalos de tempo entre manutenções específicos, estes não são obrigatoriamente fixos. Por sua vez a manutenção preventiva condicionada, visa a sua atuação, por interpretação de possíveis degradações, com

vista a evitar constrangimentos mais graves. Para tal recorre a inspeções periódicas, inspeções e observações contínuas e a realização de ensaios.

A manutenção integrada abrange uma vasta quantidade de informação, tal como cadastros técnicos, económicos e funcionais da infraestrutura estando normalmente associada a grandes empreendimentos. Devida à complexidade de cruzamento de todos os dados existentes, as ferramentas informáticas têm um papel indispensável neste tipo de intervenção. O cruzamento de todos os dados existentes permite uma coordenação eficiente entre as diversas áreas de manutenção, possibilitando assim uma programação das atividades com elevada eficiência, tomando a frequência de intervenção um carácter desejável e não obrigatório.

A manutenção corretiva, é de uma forma geral a que mais se realiza, ocorrendo numa fase em que a estrutura/equipamento, entre outros, já se encontram em funcionamento deficiente, necessitando por isso de uma intervenção urgente e eficaz. De uma forma geral, esta intervenção é o tipo de manutenção que deve ser evitada, uma vez que resulta em maiores custos, interferindo também no funcionamento da obra de engenharia em questão, provocando constrangimentos notórios a quem a utiliza.

Atendendo ao estado de degradação de muitas das redes de abastecimento de água existentes, sobretudo no interior do país, que provocam custos de exploração avultados, o tipo de manutenção a ser realizada é do tipo preventiva, sendo necessário a intervenção imediata.

Como já foi anteriormente referido, um dos grandes problemas nas redes de abastecimento de água, é o seu estado de degradação e o não controlo por se tratar de infraestruturas enterradas que levam a perdas de água avultadas no setor. Com uma gestão eficaz destas infraestruturas, este problema, pode, nos dias de hoje ser facilmente resolvido, recorrendo a sensores que ajudaram na monitorização das redes de abastecimento de água, uma vez que estes apresentam um baixo custo, o que convida à sua utilização, aperfeiçoando assim a gestão das infraestruturas (Agostinho, 2017).

Segundo dados da Associação Portuguesa de *Facility Management*, os maiores consumidores deste serviço, no ano de 2015, conseguiram uma redução de custos de 6 % face a período homólogo. Salienta-se ainda que o valor foi calculado sem ter em consideração a inflação sofrida, registando-se um valor de poupança superior. Atendendo a estes dados, poder-se-á concluir que se a gestão das instalações começar a ser utilizada em Portugal em ampla escala, isso levará a um conhecimento mais aprofundado bem como à utilização de melhores e mais

eficientes métodos de gestão, fazendo com que as poupanças em termos económicos possam ser muito significativas para as empresas, que assim conseguirão garantir uma melhor e mais eficiente utilização dos recursos. Tudo isto cumprindo o que nos é exigido pela sociedade nos dias de hoje. Neste contexto, a Associação Portuguesa de *Facility Management* vem dizer que “*a sustentabilidade financeira e ambiental assim como a melhoria das condições de vida das comunidades só será atingida com uma eficiente e profissional gestão do edificado*”.

Atualmente, em Portugal, a atividade de *FM* é regulada pela Comissão Técnica 192, uma associação sem fins lucrativos.

3.5 Software explorados

Os *software* são, atualmente, indispensáveis na indústria AEC, sendo desenvolvidos por empresas independentes como por exemplo a *Autodesk* e a *Bentley*, estando-se constantemente a recorrer a inovações tecnológicas com o objetivo de aprimorar processos e ganhar eficiência.

A *Autodesk* é uma empresa Americana que desde o lançamento do *AutoCAD* em 1982 tornou-se na empresa líder de *software* de design 3D, engenharia e entretenimento (Autodesk, 2018). Destaca-se ainda a possibilidade de obtenção de licenças gratuitas dos *software* da marca, o que favorece a dinamização dos *software*.

A *Bentley Systems* trata-se também de uma empresa Americana que desenvolve *software* para as áreas da arquitetura engenharia e construção, com uma popularidade um pouco inferior à *Autodesk*, no entanto, esta empresa apresenta um vasto leque de programas que permitem o acompanhamento de todo o ciclo de vida da obra.

Os *software* BIM podem ser divididos em 2 categorias: as ferramentas e as plataformas. Por plataforma entenda-se os *software* que permitem a criação e a edição da informação do modelo (Sacks et al., 2018) . Assim, atendendo aos *software* utilizados no caso de estudo, o *Revit*, o *Infraworks*, o *Navisworks* são plataformas. Por sua vez, as ferramentas são aplicações independentes, que geram resultados independentes como por exemplo um relatório ou

desenho (Sacks et al., 2018) . Como ferramentas BIM são utilizadas o *AutoCAD* e o *Watergems*.

Em seguida apresenta-se uma breve descrição sobre os *software* explorados no caso de estudo desta dissertação, que tem com o objetivo encontrar uma solução que permita a troca eficiente de informação entre as diversas fases do ciclo de vida das infraestruturas hidráulicas.

3.5.1 AutoCAD

O desenho auxiliado por computador (*AutoCAD*) foi criado pela *Autodesk* na década de 80, sendo atualmente utilizado em diversas áreas, tais como a construção civil, a arquitetura, a indústria automobilística, etc.

Este *software* foi um dos primeiros do mercado para a realização de desenho técnico, estando vastamente dinamizado/consolidado a nível mundial.

Atualmente o *software* apresenta a capacidade de realizar desenho em duas dimensões (*AutoCAD 2D*) e em três dimensões (*AutoCAD 3D*).

A sua utilização no presente trabalho residiu sobre o facto de ser possível a importação de cadastro da rede para o *Watergems* de ficheiros CAD e da possibilidade de importação de modelos no *Revit* no formato DXF. A versão utilizada deste *software* é a de 2018.

3.5.2 Revit

O *Revit* (da *Autodesk*) é dos *software* atualmente mais utilizados no processo de elaboração de projetos em BIM. Além da interface que se mostra bastante intuitiva, o *software* apresenta vários *templates* que permitem uma maior personalização em cada especialidade (*template* de construções; *template* de arquitetura; *template* de estruturas e *template* de MEP). Destaca-se ainda a facilidade de criação de *templates* que permitem um melhor ajuste às condições/método de trabalho de cada profissional. O *Revit* permite, além da representação tridimensional, realizar análises energéticas, obter mapas de quantidades e medições, estimativas dos custos, etc.

O *software* permite a troca de informação no formato IFC. A *Industry Foundation Classes* (IFC) é um formato de partilha de dados, criado para facilitar a interoperabilidade entre os diferentes operadores, que permite a troca eficiente de informação, sem que haja perda ou distorção dos dados. Quando se troca informação através do formato IFC consegue-se proteger o ficheiro, definindo as propriedades do modelo que queremos partilhar e garante-se que o modelo não pode ser alterado por terceiros.

Este *software* apesar de ter uma componente hidráulica (*template* de MEP), esta encontra-se mais vocacionada para representação das redes prediais de abastecimento e drenagem. No caso de se pretender modelar e estudar redes públicas de abastecimento de água e drenagem este *software* não apresenta capacidades para de cálculo hidráulico tão desenvolvidas, como por exemplo o EPANET ou o *Watergems*.

A sua utilização na presente dissertação residiu no facto de ser um programa com o qual o autor já se encontrava familiarizado, reconhecendo as mais-valias anteriormente citadas, considerando-se que este seria um bom programa para se realizar a gestão das infraestruturas, e da possibilidade de obtenção de licença gratuita. A versão utilizada é a *Revit* 2019

3.5.3 *Dynamo*

O *Dynamo* é uma ferramenta de programação visual, que nas últimas versões do *Revit* vem inserido no programa, tornando-se num *plug-in*. A grande vantagem da utilização deste programa assenta no facto da programação ser realizada através de nós ligados por linhas que permite aos utilizadores sem grandes conhecimentos de linguagem informática, criar uma estrutura de programação facilmente perceptível, realizada através de uma lógica visual. Cada nó recebe e gera informação.

A programação em *Dynamo* permite efetuar tarefas repetitivas de forma automática, assim como executar tarefas de modelação que quando executadas de forma manual se tornam em processos complexos e morosos. A linguagem de programação utilizada por esta ferramenta é a *Phyton*.

Esta ferramenta possuiu pacotes de programação básicos próprios do programa, e outros que podem ser descarregados da biblioteca do programa, conforme as necessidades dos

utilizadores. Destaca-se neste ponto, o facto de versões mais antigas do *Dynamo* não conseguirem abrir pacotes mais recentes.

Uma vez que não era possível a importação direta para o *Revit* do modelo criado no *Watergems*, utilizou-se a presente ferramenta para criar a rede no *Revit*, através do ficheiro *Excel* com a informação da rede, que é possível obter diretamente do *Watergems*, efetuando-se de forma automática tarefas repetitivas, que permitem diminuir o erro de modelação. Foi utilizada a versão *Dynamo 2.0.1*.

3.5.4 *Infraworks*

O *Infraworks* apresenta-se como um *software* de grande utilidade para o planeamento urbano, sendo utilizado, principalmente para a realização de estudos preliminares. O *software* destaca-se pelo seu nível de realidade que permite de forma simplista perceber de que forma a nova construção se irá relacionar com o meio envolvente (Brandão e Ferreira, 2015)

O *software* referido apresenta como grande vantagem o fácil reconhecimento do terreno, uma vez que permite de forma rápida e fácil, obter a informação de carácter topográfico da área em estudo, assim como a informação relativa a vias de comunicação, edifício, etc., apresentando como desvantagem a desatualização das imagens de satélite que servem de base para a obtenção do modelo a partir do *Bing-Maps*

O *Infraworks* além de ser um *software* BIM, integra ainda as funcionalidades de *Geográfic Information System* (GIS), ou seja, todos os seus dados são georreferenciados, sendo possível armazenar, analisar e manipular diversos tipos de dados geográficos e geoespaciais (Brandão e Ferreira, 2015).

No presente trabalho identificou-se como necessário para a gestão da rede em estudo a obtenção de um modelo tridimensional da envolvente, tendo-se reconhecido no *software* as capacidades para a sua criação.

3.5.5 *Navisworks*

O *Navisworks* é um *software* da *Autodesk* vocacionado para a compatibilização e validação de projetos BIM. O *software* permite a interação de projetos de várias especialidades em vários formatos com todos os detalhes permitindo realizar-se a coordenação, a simulação, a construção e análise de todas as especialidades numa fase antes da construção, permitindo reduzir de forma significativa os erros de projeto (Alves et al., 2012)

O *software* permite também, através de *plug-ins* detetar colisões, realizar *renderização*, etc.

A utilização deste *software* residiu na necessidade de se alterar a extensão do ficheiro obtido no *Infraworks*, para a sua posterior importação no *Revit*. A versão utilizada foi a *Navisworks* 2019.

3.5.6 *Watergems*

O *Watergems* é um dos 11 *software* da *Bentley* vocacionados para questões hidráulicas. Este *software* é uma ferramenta de apoio à decisão abrangente para redes de distribuição de água.

O *Watergems*, apesar de ser uma ferramenta BIM, ao contrário do que vem sendo habitual neste tipo de ferramentas, apenas desenvolve o projeto a duas dimensões. Apresenta-se como um programa de fácil compreensão e utilização para a tomada de decisões e suporte (de carácter físico/dimensionamento e económico). Destaca-se a opção do *Darwing Calibrator*, que permite, de forma automática, a partir de um algoritmo genérico ou de execução manual, considerando dados reais de medições nos diversos pontos da rede, aferir sobre perdas/fugas no sistema de distribuição. Permite fazer simulações de qualidade da água, análise de custos de energia, simulações em caso de incêndio, criar prioridades de intervenção, aferir sobre o custo da infraestrutura, entre outras. Ressalva-se ainda a interação recorrendo à ferramenta *SCADA Connect* que permite a ligação em tempo real a dados do sistema de distribuição de água.

O *Watergems* mostra-se assim como uma ferramenta capaz de analisar de forma eficiente no tempo e no espaço os problemas associados à gestão e manutenção do sistema de distribuição, possuindo um elevado nível de interoperabilidade, capacidades geoespaciais avançadas de implementação de modelos e assimilação de informação (Hidromod). Devido à incorporação

das ferramentas de *Loadbuilder* (permite obter de forma automática no modelo os consumos através de arquivos de cadastro da rede e pontos de consumo que possuam a mesma georreferenciação) e *TRex* (que permite de forma automática atribuir as elevações a qualquer um dos nós com base nas elevações de um arquivo existente que tenha sido importado para o programa), é possível a criação de forma praticamente automática da rede nesta plataforma através de dados existentes que contemplem os elementos da rede, as coordenadas, os consumos, etc.

O *Watergems* permite a criação de cenários onde se podem por exemplo realizar comparações de variação de diâmetros, comparações do desempenho da rede com traçados alternativos, alterações de consumos, etc. Possibilita também aferir sobre as condições da rede ao longo do tempo. Estes fatores são de extrema importância tendo em conta as alterações sociais e ambientais com que nos deparamos nos últimos anos. É possível também analisar os efeitos na rede de consumos máximos, mínimos e todos os outros que se encontrar dentro destes, uma vez que permite fazer simulações em período estendido (EPS).

Depois de se ter efetuado uma pesquisa sobre os *software* de cálculo hidráulico existentes no mercado, considerou-se que este seria o que melhor se enquadrava nos objetivos do trabalho que se pretendia realizar, atendendo a todas as características anteriormente citadas, tendo sido um fator determinante para a sua utilização a obtenção de uma licença gratuita.

No entanto, conclui-se que o *software*, apesar de ser apresentado pela *Bentley Systems* como um *software* BIM, ainda não se encontra com capacidades de interoperabilidade com as diversas ferramentas de uso BIM, tendo-se optado por exportar a rede para o *software* da *Autodesk* (o *Revit*) para a realização da gestão da infraestrutura.

3.5.7 SCADA

As ferramentas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) têm uma larga utilização a nível mundial para a monitoração de diversos equipamentos. Estas ferramentas sofreram um avanço significativo nos últimos 40 anos (KRUTZ, 2006), associado à evolução dos computadores e ao acesso cada vez mais facilitado à internet.

Atualmente as ferramentas SCADA são utilizadas na hidráulica urbana para ajudar à monitorização, controle e gestão de dados de uma grande variedade de condições de operação de equipamentos e parâmetros, gerando avisos para os operadores dos sistemas, ou alterando condições de funcionamento (por exemplo, o enchimento automático de um tanque de armazenamento através da ativação da bomba, quando se verifica um nível de água no reservatório abaixo do que está recomendado) (Spellman, 2014).

As ferramentas SCADA estão muitas vezes associadas a ferramentas de cálculo hidráulico (como por exemplo o *Watergems*), conseguindo capacitar o *software* de cálculo hidráulico de informação em tempo real sobre o funcionamento da rede, sendo assim possível a criação de cenários, assim com a comparação entre o cenário calculado e o funcionamento real da infraestrutura, aferindo-se sobre o funcionamento da rede.

No presente trabalho esta ferramenta não foi utilizada, no entanto reconhece-se as suas mais-valias para as operações de gestão das infraestruturas através da sua ligação ao modelo BIM, ou até mesmo ao *software* de cálculo hidráulico.

3.6 O BIM como contributo para a gestão eficiente de infraestruturas hidráulicas

Com a evolução do conhecimento, as condições de conforto das casas evoluíram também, estando estas, atualmente providas (na sua grande maioria) de rede elétrica, água, esgoto, etc. sendo cada vez mais eficientes.

A crescente busca por melhores condições de vida, levou a que a engenharia civil sofresse grandes avanços ao longo da história, no entanto, muitas vezes não é capaz de acompanhar a evolução científica de outras atividades, permanecendo, na sua grande maioria as técnicas tradicionais que tornam este setor muitas vezes pouco competitivo, quando comparado com outros, estando sujeito a estigmas sociais.

No setor da hidráulica, desde muito cedo que o acesso a água foi considerado como essencial para a estabilização das cidades.

Com o aparecimento da eletricidade, das eletrobombas, de aparelhos de leitura instantânea, etc., o transporte de água às populações torna-se numa tarefa muito mais facilitada, sendo desta forma possível ultrapassar desníveis, deixando o abastecimento de água às populações de ser feito apenas por gravidade. Ainda nesta altura a conceção dos projetos era feita de forma manual, com representação/desenho feito à mão em folhas de papel, assim como o cálculo, sendo utilizados métodos empíricos para o dimensionamento das redes de abastecimento de água.

Na década de oitenta do século passado, com o surgimento dos computadores, os projetos de engenharia vêm a sua conceção muito mais facilitada, sendo substituído o cálculo manual por cálculo automático, tornando-se o dimensionamento das redes um trabalho menos moroso e mais fácil, passando a representação a ser feita com a ajuda das ferramentas informáticas, a denominada representação em CAD 2D.

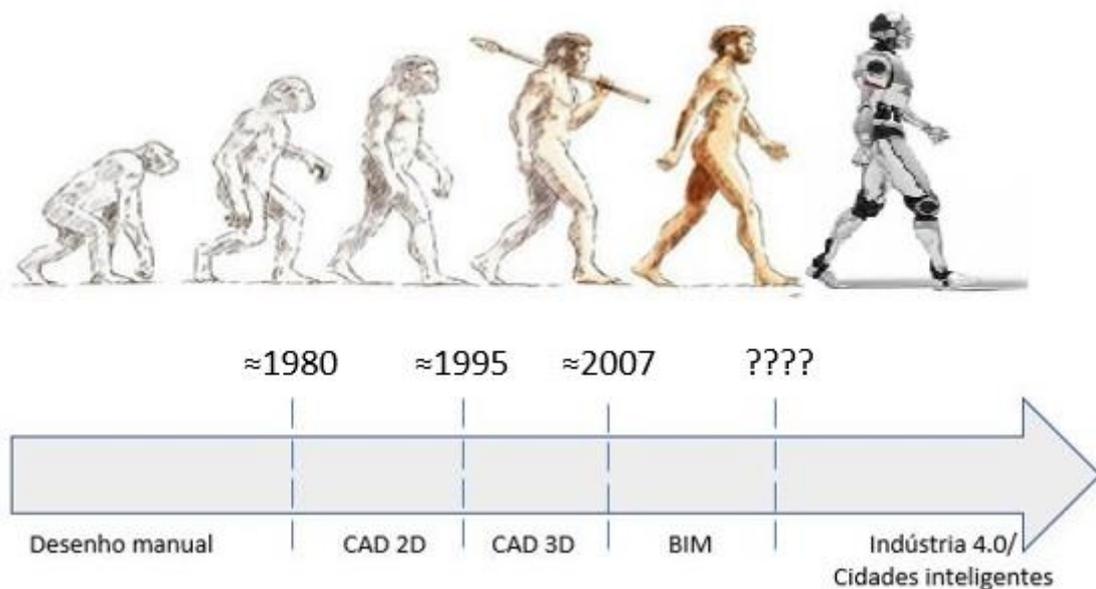


Figura 25 - Evolução da elaboração de projeto na engenharia civil, (Alves, 2018; LFM, 2016)

Ainda antes da viragem de milénio, com a rápida evolução dos computadores, e devido ao acesso cada vez mais facilitado a esta ferramenta de trabalho, surge o CAD 3D, que permite, fazer a representação das redes em 3 dimensões, sendo também possível dentro dos programas utilizados para o efeito criar cenários e gerar modelos, ou seja, as ferramentas informáticas utilizadas para o dimensionamento continham algoritmos genéricos que

permitiam realizar de forma automática o cálculo, podendo assim de forma quase instantânea aferir sobre os melhores traçados para uma determinada rede. Destaca-se que cada vez mais o dimensionamento das redes se torna uma tarefa mais fácil com menos gastos de tempo, sendo possível obter-se traçados com maior dimensão, aumentando assim a sua complexidade de cálculo de forma manual, que era facilmente ultrapassada com o uso dos computadores. No entanto continuava-se apenas a efetuar o cálculo para os consumos máximos e mínimos, não havendo informação confiável do que acontecia entre estas duas barreiras.

Pouco depois, surgem as ferramentas SCADA, que permitem uma monitorização instantânea das redes. Aliando o SCADA aos programas para dimensionamento das redes de abastecimento, foi possível a criação de modelos digitais, que permitem monitorizar as redes 24h por dia, sendo possível assim definir com o menor erro possível sobre os padrões de consumo (por exemplo, consumos mínimos e máximos durante um dia). O dimensionamento das redes torna-se um processo cada vez mais fiável, podendo-se aferir sobre possíveis avarias resultante das medições efetuadas de forma constante. É a partir daqui que a Gestão Patrimonial de Infraestruturas começa a tomar um papel significativo na gestão das redes existentes, sendo que Portugal foi um dos países pioneiros neste tema.

Contudo a pesar da evolução sofrida, a representação, cálculo e a gestão das redes são realizados de forma separada.

O BIM apresenta-se assim como a resposta que pretende englobar numa mesma plataforma todas as etapas de conceção das redes. Pretende-se assim, como já foi referido, conseguir o máximo desempenho das redes de abastecimento e/ou drenagem, durante toda a sua vida útil, caminhando-se para os propósitos da indústria 4.0, onde se defende a eficiência dos vários sistemas, contribuindo-se desta forma para as cidades inteligentes.

Com o uso das metodologias BIM consegue-se acompanhar todo o ciclo de vida da infraestrutura, diminuindo-se as perdas de informação, contribuindo para uma gestão mais eficiente. Salva-se o facto de atualmente já serem utilizadas diversas plataformas que permitem entre outros a recolha de informação das infraestruturas, como por exemplo as ferramentas SCADA, já referidas no presente texto, assim como o uso de *software* são muito semelhantes, se não os mesmos, que os são utilizados nas metodologias BIM. No entanto, continua a não haver uma comunicação entre eles que permita tornar o setor mais eficiente.

Atualmente, os desafios existentes pedem mais que a gestão eficiente das redes de abastecimento, sendo necessário realizar-se uma gestão adequada de todos os elementos existentes numa cidade, desde as suas infraestruturas até às pessoas que nela habitam. O conceito das *Smart Cities*, onde se defende a utilização da tecnologia para se melhorar os serviços prestados, promovendo o desenvolvimento económico e maior eficiência que permite melhorar a qualidade de vida das populações e o desenvolvimento sustentável tem tomado cada vez mais importância nas sociedades atuais. Estas cidades defendem assim o funcionamento em rede das cidades, o que permite o ganho de eficiência, com a utilização da tecnologia.

Atualmente em Portugal alguns municípios já aderiram a esta iniciativa, destacando-se a atividade da RENER e da Associação Portuguesa de Municípios nesta área. No entanto, são identificadas algumas lacunas neste processo, derivado da falta de conhecimento do conceito/metodologia de trabalho das cidades inteligente por parte das entidades aderentes à iniciativa. Salienta-se, que existe ainda uma pequena interação entre empresas/serviços para a correta e eficiente aplicação deste conceito.

Ressalva-se assim a importância do BIM para o correto e eficiente desenvolvimento das *Smart Cities*, uma vez que permite um maior e melhor conhecimento/monitorização da cidade, que se encontra modelada para uma correta e eficiente gestão em rede de todos os serviços, que permite de forma automática avisar os utilizadores de determinado serviço sobre erros de utilização.

Capítulo 4 - CASO DE ESTUDO

4.1 Introdução

A Organização das Nações Unidas, (ONU), há muito que alerta para a falta de água, considerando o acesso a esta um bem indispensável e vital. Atualmente, a nível mundial e em Portugal em particular, as redes de abastecimento de água têm um importante papel no abastecimento de água às populações, devendo assim a infraestrutura manter-se funcional em condições de operacionalidade adequadas ao nível de serviço pretendido (Alegre e Covas, 2010). Sendo estas estruturas de difícil dimensionamento e gestão, devido à grande complexidade que apresentam, procura-se por outro lado a sua elevada eficiência.

Os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água, bem como a gestão controlada deste recurso, imposta por leis comunitárias com vista a mitigar os impactos nos ecossistemas, torna, na atualidade, a eficiente gestão das redes um assunto de extrema importância.

As estruturas de abastecimento de água são de grande complexidade, caracterizando-se pelo seu extenso desenvolvimento longitudinal, que procura acompanhar as condições topográficas do terreno, bem como pela distribuição espacial das populações e dos seus consumos. As origens de água são muitas vezes fatores condicionantes para estas estruturas, que se apresentam complexas, sendo o seu projeto, execução e manutenção processos morosos e com avultados gastos financeiros.

Um sistema de abastecimento de água engloba a captação da água, a sua elevação (através de bombas), o seu transporte até às estações de tratamento onde, após uma sequência de processos físicos, químicos e/ou biológicos, se torna a água potável para consumo humano. Depois de tratada a água seguirá para pontos de armazenamento, os reservatórios, com a função de responder às flutuações horárias de consumo, minimizando assim os custos da estação de tratamento que é dimensionada para um caudal médio. A partir destes pontos a água é distribuída através de redes de distribuição, que por sua vez abastece os ramais de

ligação, elementos que são responsáveis por fazer chegar a água às propriedades a servir, sendo que a partir daqui se desenvolvem as redes prediais de distribuição, cuja construção e correta manutenção é da responsabilidade dos proprietários. Assim, neste longo percurso são necessários, além das bombas, dos reservatórios e dos elementos necessários nas estações de tratamento para o eficiente e correto tratamento e desinfecção da água, órgãos de manobra e controlo que entre outras funções permitirão reduzir a pressão na rede quando necessário, isolar elementos da rede para possíveis manutenções, eliminar o ar que se encontra nas condutas devido às diferenças de níveis, contadores para se efetuar a medição da água consumida pelos utentes, as próprias condutas, etc.

As redes de distribuição de água são em geral de dois tipos: ramificadas ou emalhadadas. As redes ramificadas caracterizam-se por possuir uma conduta principal que se vai ramificando à medida que nos deslocamos para jusante da rede, possuindo diâmetros cada vez mais pequenos. O escoamento neste tipo de redes é unidirecional, tendo a desvantagem de uma avaria num ponto inicial da conduta condicionar toda a rede que se desenvolve a partir daí, sendo o escoamento nos nós finais caracterizados por ter velocidade igual a zero. São, porém, redes de construção mais económicas e com maior simplicidade de dimensionamento. Por sua vez as redes emalhadadas formam um circuito fechado com pelo menos duas tubagens ligadas ao mesmo nó. São redes economicamente mais caras e de dimensionamento mais complexo, no entanto, como o escoamento é potencialmente bidirecional, existe uma maior e melhor fiabilidade de abastecimento de qualquer ponto da rede. Em algumas situações existem redes que são o aglomerar destas duas soluções denominando-se assim por redes mistas.

Neste capítulo, procurar-se-á demonstrar, com base num caso de estudo, de que forma a utilização das metodologias BIM poderão ajudar no dimensionamento e gestão das redes de abastecimento de água, garantindo eficiências de funcionamento bastante elevadas, assim como uma interoperabilidade elevada com as diversas especialidades existentes nas cidades, não sendo o objetivo principal os cálculos hidráulicos inerentes ao dimensionamento das redes de abastecimento de água

Para tal escolheu-se estudar a rede infraestrutural de abastecimento de água do Campus de Azurém da Universidade do Minho (Figura 26). A escolha desta rede assentou sobre o facto de este ser o Campus onde se situa a Escola de Engenharia da Universidade do Minho, com a existência de diversos edifícios que propiciam diversos padrões de consumo o que permite de forma aproximada simular o que acontece com as nossas infraestruturas hidráulicas. Por

último, e o mais importante dos fatores, para a escolha desta área de estudo deveu-se ao facto de já existir um cadastro da rede de abastecimento de água, o que permitiu simular cenários próximos de uma situação real. O cadastro utilizado foi desenvolvido pelos serviços centrais de gestão dos campi, como forma de auxiliar e facilitar a gestão integrada do património construído e das infraestruturas associadas.

No presente trabalho optou-se por considerar um único ponto de ligação à rede pública estando este junto da entrada principal do campus, que se situa na Rua Avenida da Universidade. Do cadastro fornecido importa ainda referir que este apenas fornece indicações sobre a tipologia dos elementos da rede (por exemplo identifica a existência de válvulas, não especificando o tipo de válvula que se encontra em cada ponto), possibilita a recolha da informação cartográfica no plano (coordenada x e y). No entanto não possibilita a recolha das elevações dos pontos notáveis da rede, assim como dos seus diâmetros e tempo de vida útil dos elementos da rede.

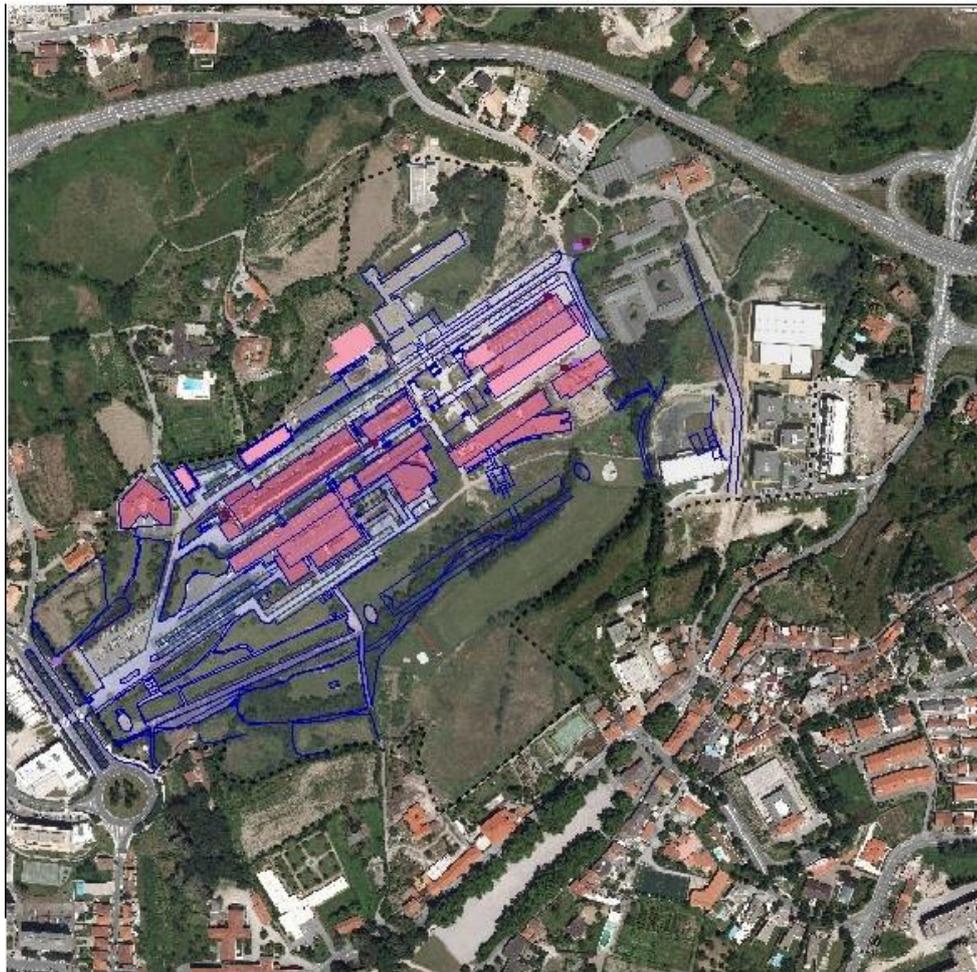


Figura 26 - Imagem aérea do Campi e da envolvente

O campus de Azurém da Universidade do Minho está situado na cidade de Guimarães. Neste polo está sediada a Escola de Engenharia (e a quase totalidade dos seus cursos), a Escola de Arquitetura alguns cursos da Escola de Ciências e do Instituto de Ciências Sociais. Na sua totalidade o campus é constituído por 18 edifícios, no entanto nesta dissertação apenas foram considerados 11 dos 18 edifícios existentes para aspetos de cálculo e dimensionamento da rede de abastecimento de água.

A rede de abastecimento de água simulada caracteriza-se por ser uma rede do tipo ramificada, abastecida por um reservatório fictício que se situa a norte do campus. Apresenta uma diferença de nível entre o ponto inicial (à entrada do campus) e o ponto mais desfavorável (o mais afastado e com uma cota superior) de aproximada 14 metros (metros de coluna d' água). A infraestrutura apresenta uma espinha principal que abastece os edifícios mais antigos da universidade, começando a ramificar-se para abastecer os edifícios mais recentes do campus.

As principais solicitações da rede estão associadas aos dispositivos existentes nas casas de banho dos edifícios do campus (compostas maioritariamente por lavatórios, sanitas e urinóis); na cantina para a confeção dos alimentos e demais atividades de limpeza e higienização, e pelos bares, não se tendo considerado na presente dissertação outros fatores que poderiam influenciar o consumo tais como rega de jardins, lavagem de pavimentos, etc.

4.2 Metodologia

Como trabalho inicial foi analisada a informação existente no cadastro da rede existente. Destaca-se o avanço no trabalho que esta tarefa fornece para o trabalho desenvolvido, visto que a realização de cadastro é uma tarefa morosa e difícil.

Após a recolha e tratamento de toda a informação necessária para a construção da rede procedeu-se à sua importação para a ferramenta de cálculo hidráulico. Uma vez identificadas as vantagens e limitações deste *software*, numa fase seguinte do trabalho procedeu-se à exportação da rede já simulada neste *software* para uma plataforma BIM, onde se pretende realizar a gestão integrada da infraestrutura. Como a passagem de informação não pode ser

efetuada de forma direta, recorreu-se a uma ferramenta de programação para de forma automática realizar tarefas repetitivas e criar a rede na plataforma de gestão.

Na plataforma de gestão, por sua vez, realizou-se a gestão da infraestrutura. Identificou-se a necessidade de expandir a rede (situação que acontece com frequência nos tempos correntes) tendo-se devolvido essa informação ao *software* de cálculo hidráulico para dimensionamento do novo troço de rede, pelo método anteriormente descrito, que depois devolve a informação necessária para a gestão do troço à plataforma de gestão (com a ferramenta de programação utilizada).

No trabalho considerou-se ainda importante para a plataforma de gestão a existência do modelo tridimensional da zona envolvente da nossa rede para uma melhor gestão.

Por fim procedeu-se às análises hidráulicas, no *software* de cálculo hidráulico, consideradas relevantes tais como: decaimento do cloro; tempo de retenção hidráulico; velocidade da água nas tubagens; pressão nos nós etc.

Com todo o processo descrito procura-se demonstrar a eficiência do processo BIM na passagem eficiente de informação entre fases distintas do ciclo de vida das infraestruturas, garantindo informação de confiança na fase de gestão para que se consiga retirar o máximo proveito da infraestrutura ao mais baixo custo.

Na Figura 27 apresenta-se, de forma sequencial, os passos associados à metodologia adotada.

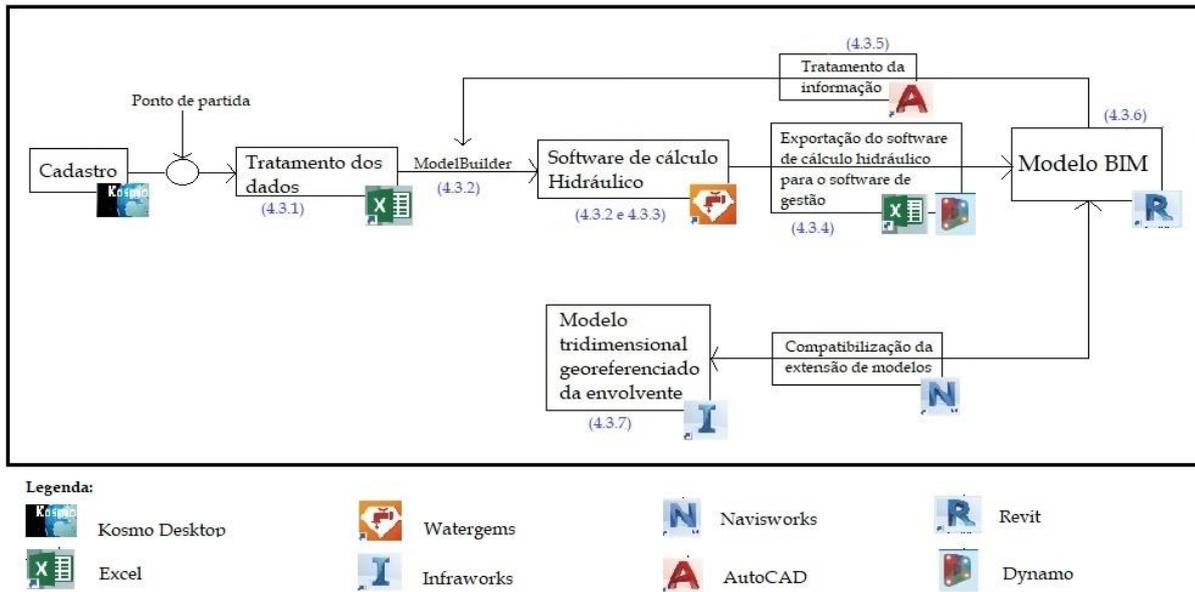


Figura 27 - Metodologia de trabalho adotada

4.3 Modelos computacionais

4.3.1 Caracterização da rede de distribuição

Quando se pretende proceder à modelação de um sistema de abastecimento de água, já existente é necessário proceder ao cadastro da rede, procurando definir as coordenadas X, Y e Z de todos os elementos da rede, assim como o estado de conservação de todos os elementos, caudais de cálculo, etc.

Neste trabalho, o cadastro da rede já tinha sido desenvolvido sendo este fornecido através do *software* KOSMO.

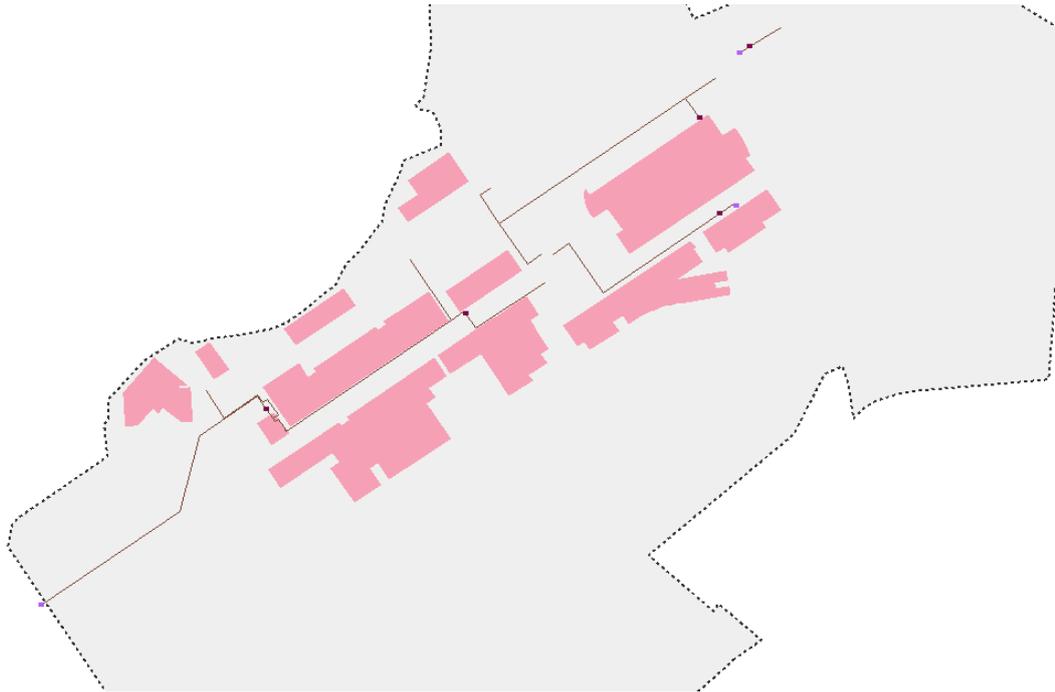


Figura 28 - Cadastro fornecido no *software* KOSMO

Tendo por base o cadastro fornecido, em todos os pontos notáveis da rede, ou seja, em todas as mudanças de direção e locais onde existem acessórios, foram retiradas as coordenadas. Considerando que no material fornecido apenas era possível obter as coordenadas x e y, recorreu-se à carta militar de Guimarães onde se retiraram as cotas em Z (elevação) do terreno nos pontos notáveis já antes aqui mencionados, tendo-se definido que as condutas iriam posicionar-se a sensivelmente 1,5m a abaixo da superfície. Algum tempo depois da realização deste passo e de toda a modelação da rede, descobriu-se que o *Watergems*, o *software* utilizado para a modelagem hidráulica, consegue a partir da inserção de um modelo devidamente georreferenciado, identificar as cotas do terreno de forma automática, sendo por isso este passo dispensável, no caso de não se conhecer a elevação dos pontos notáveis da rede

Como passo seguinte, foi necessário proceder-se ao dimensionamento dos caudais de cada ponto de consumo da rede, tendo-se para isso procedido à identificação dos pontos de consumo, sendo definidas as áreas identificadas na Figura 29, recorrendo-se posteriormente ao *site* do campus de Azurém da Universidade do Minho (Uminho campi) onde se procedeu a identificação de todos os locais com dispositivos hidráulicos, identificando o número de equipamentos a abastecer. A título de exemplo apresenta-se a Figura 30.

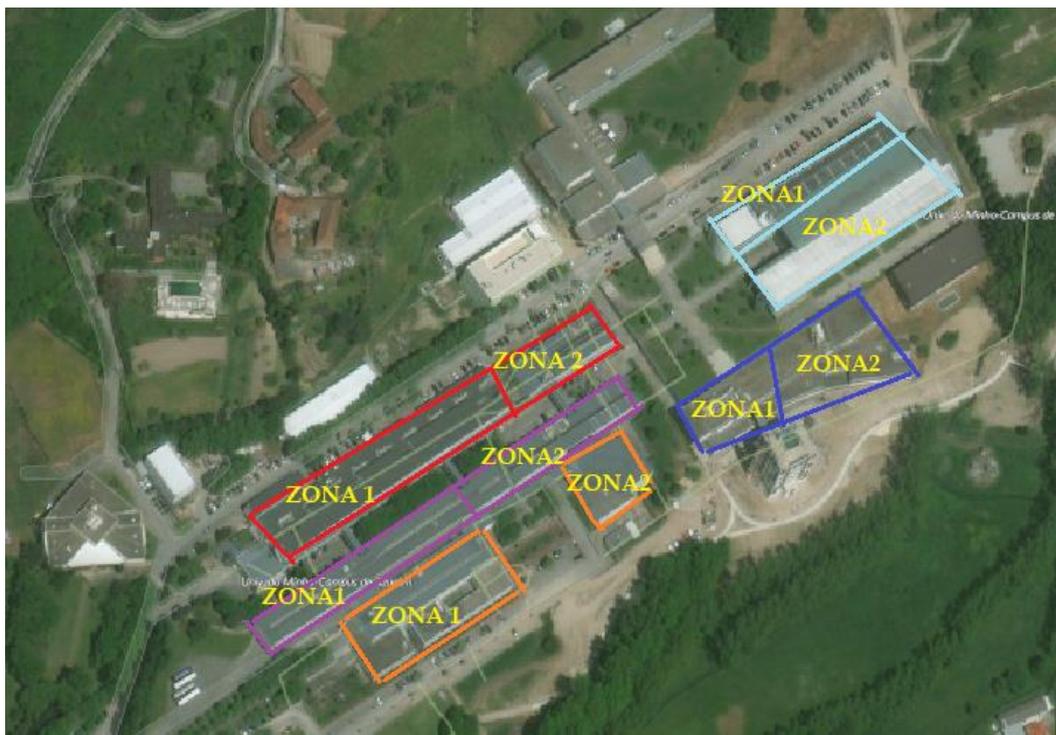


Figura 29 - Identificação dos pontos de consumo por zona

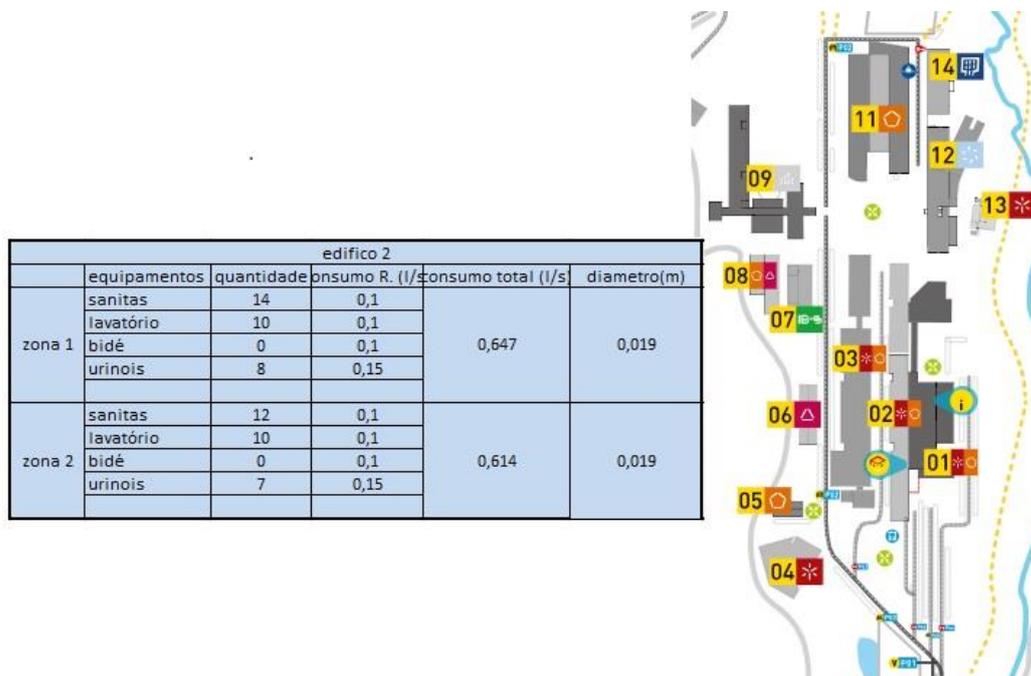


Figura 30 - Identificação dos pontos de consumo, caudais e diâmetros do edifício 2

Ressalva-se que o caudal de consumo de cada equipamento foi obtido tendo em conta os dados presentes no Decreto Lei 23/95. Este documento, no entanto, não especifica os consumos de máquinas industriais e outros aparelhos especiais, sendo a sua obtenção

realizada consoante as indicações dos fabricantes, tendo-se por isso utilizado valores empíricos no caso da cantina e para os bares. Os caudais obtidos para cada zona foram, por sua vez, conseguidos pela aplicação da fórmula (1.1) que tem em conta o coeficiente de simultaneidade.

$$Q = \sum n^{\text{o}} \text{equipamentos} \times \text{consumo R.} \times \frac{1}{(\sum n^{\text{o}} \text{equipamentos} - 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (1.1)$$

, os consumos são obtidos em L/s.

O passo que se sucedeu para o dimensionamento passou pelo cálculo dos caudais acumulados em cada ponto notável. Ou seja, por exemplo para a tubagem 45 (P45) que abastece a zona 2 do edifício 12 o caudal acumulado é igual ao caudal necessário para abastecer os equipamentos presentes nessa zona do edifício, o que corresponde a um caudal de 0.367 L/s. Por sua vez para a tubagem 44 (P44) o caudal acumulado será igual ao caudal acumulado da tubagem P45 ao qual será adicionado o caudal acumulado da zona 2 do edifício 11, obtendo-se um caudal acumulado de 1,429 L/s, e assim sucessivamente. O caudal total acumulado para abastecimento da rede em estudo é assim de 10,44 L/s. Neste caso, optou-se por se considerar o valor das perdas na rede nulo, uma vez que se entende que o caudal já se encontra sobredimensionado.

Os diâmetros foram obtidos pela utilização da fórmula:

$$Q = v \times S \Leftrightarrow Q = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{1,274 \times Q}{v}} \quad (1.2)$$

, em que:

- Q é o caudal (m³/s);
- v é a velocidade, (as boas práticas dizem que devem ser consideradas velocidades entre 0,5 m/s e 2m/s, neste caso para efeitos de cálculo assumiu-se uma velocidade de 1 m/s);
- S é a secção (m²)
- D é o diâmetro (m).

É ainda importante salientar que os diâmetros aqui calculados são diâmetros aproximados, uma vez que posteriormente são escolhidos das séries comerciais do material utilizado.

4.3.2 Dimensionamento Hidráulico - Simulação da rede de abastecimento

Após a obtenção de todos os dados, estes foram colocados num ficheiro Excel, em que uma folha continha a informação referente às tubagens (nó inicial, nó final, diâmetro, comprimento, etc.), outra folha a informação referente às junções (cota X, cota Y, cota Z), noutra folha a informação referente aos pontos de consumo (nó a que estavam associados, caudais requeridos, cota X, cota Y). Alguma da informação relevante que poderia ser importada de forma automática para o *Watergems*, como por exemplo a informação referente a acessórios, não foi introduzida numa fase inicial no documento *Excel* que serviu de base para a elaboração do modelo, optando-se por inserir numa fase posterior estes acessórios, já no próprio modelo.

Após a obtenção da informação anteriormente referida de forma organizada procedeu-se à sua importação para o *Watergems* através da ferramenta de importação *ModelBuilder* que permite através de dados já existentes, em formato por exemplo CAD ou *Excel*, realizar a importação da rede já existente de forma automática ou até mesmo permitir a sua atualização. Para a importação do ficheiro, foi necessário seleccionar o tipo de dados que pretende importar (neste caso trata-se do *Excel*); seleccionar as unidades em que estamos a trabalhar (m); procedendo-se depois a associação dos elementos a importar com os existentes no programa. Por fim proceder-se-á à importação do modelo.

Para obter uma realidade o mais elevada possível do elemento importado, procedeu-se, numa fase posterior à importação da imagem de satélite da zona em estudo (sendo esta uma funcionalidade também presente no programa), obtendo-se como resultado final Figura 31 onde as diferentes cores na rede representada correspondem a diferentes diâmetros.

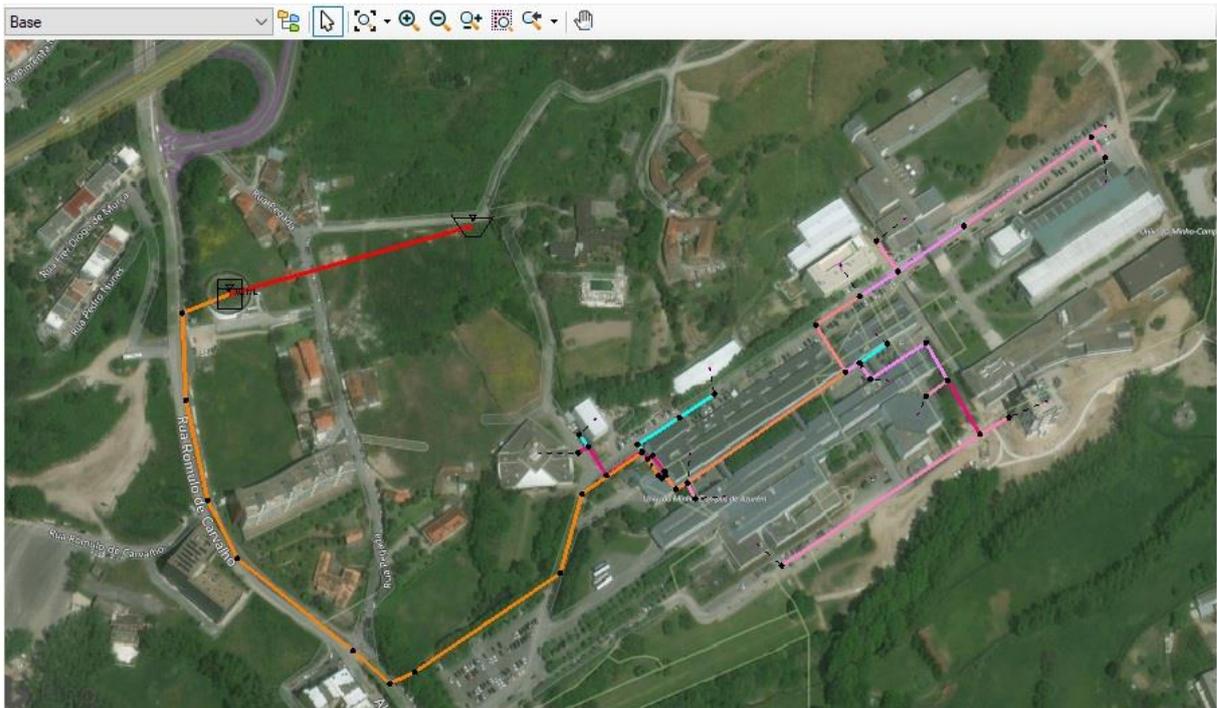


Figura 31 - Identificação dos diversos diâmetros da rede

Uma vez que já foram obtidos os caudais de consumo para cada um dos pontos de consumo considerados, procedeu-se à criação dos padrões de consumo/utilização para os diversos elementos da rede, sejam eles reservatórios, tanques, edifícios, bombas, válvulas, etc., ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano, pretendendo assim de forma aproximada simular as variações de consumos das populações possibilitando realizar-se simulações em período estendido.

Procedeu-se a criação dos padrões de consumo, para os edifícios sendo identificadas 3 zonas diferentes:

- A Biblioteca que tem um funcionamento de 24 horas por dia;
- A cantina, que se estima que funcionará entre as 8 horas e as 0 horas;
- E por fim os edifícios, para os quais se definiu um período de utilização entre as 7h e as 22h.

Dentro da mesma lógica foram definidos os padrões de consumo ao longo dos meses do ano e dos dias da semana. A Figura 32 pretende elucidar de uma forma mais clara sobre os padrões de consumo criados.

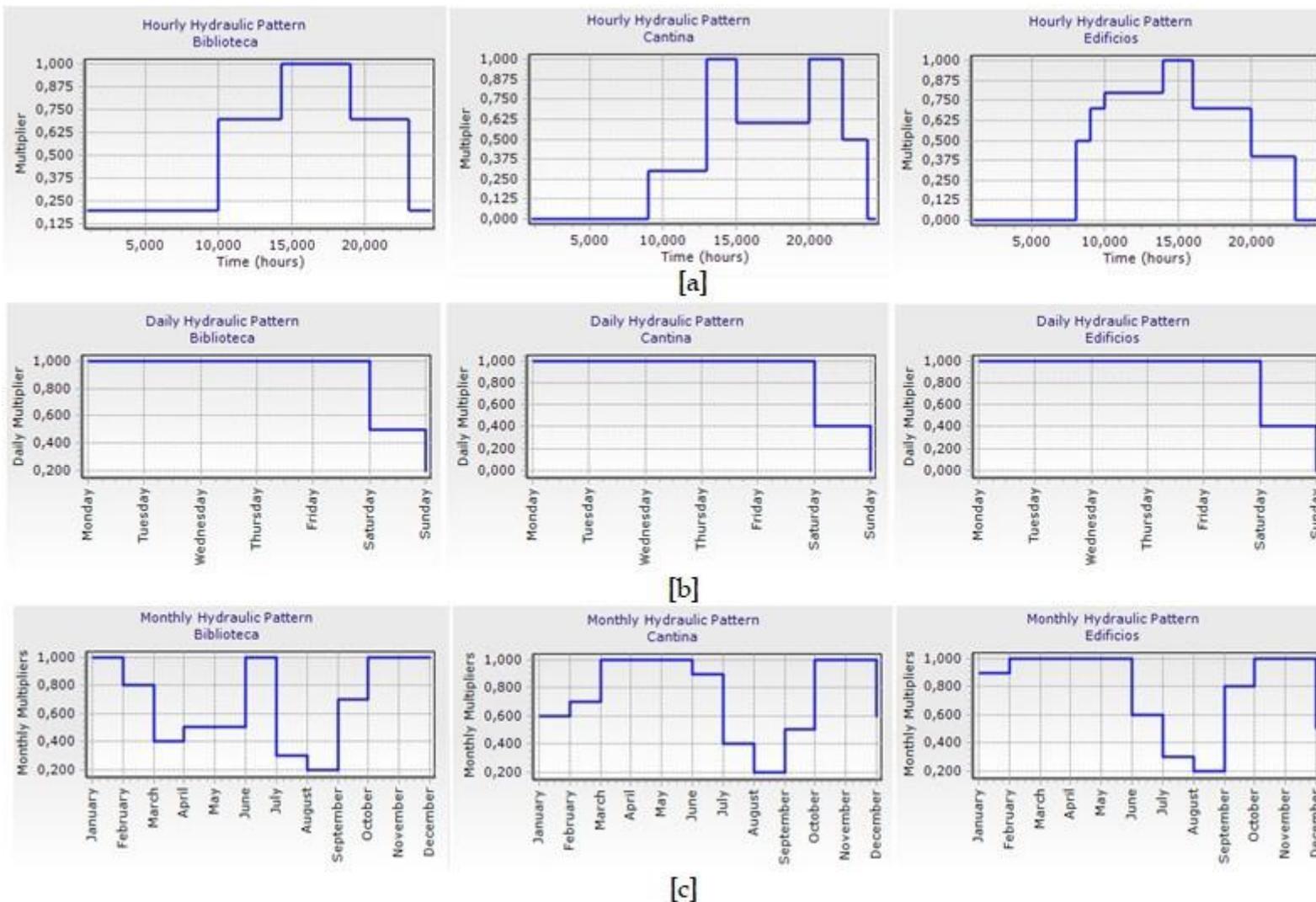


Figura 32 - Padrões de consumo da biblioteca, da cantina e dos edifícios: [a] padrões de consumo diários; [b] padrões de consumo semanais; [c] padrões de consumo mensais

4.3.3 Padrões de consumo

As variações de consumo podem causar problemas na rede. Por exemplo, quando os consumos se verificam superiores ao que foi projetado, a rede perde capacidade de resposta, havendo uma diminuição de pressão, levando assim a um abastecimento deficitário às habitações, podendo algumas delas deixar de ser abastecidas total ou parcialmente ao longo do dia, dependendo das variações no consumo. Outro problema são as velocidades que por vezes ao serem demasiado altas podem provocar o desgaste das tubagens e acessórios por fenómenos de cavitação.

No presente trabalho, começou-se por criar o cenário Base (aquele que se importou da folha de *Excel* com base no cadastro que foi fornecido e com os padrões de consumo considerados), tendo-se posteriormente criado um segundo cenário, inserindo hidrantes na rede, para combate a incêndio. Por fim realizou-se um cenário referente a uma expansão da rede que se identificou como necessário numa fase posterior, quando se utiliza o *Revit*.

Relativamente ao cenário com rede de incêndio, consultando o Decreto-lei 23/95 identifica-se que a nossa rede se insere numa zona de risco 2, tendo por isso de obedecer aos critérios:

$$\begin{cases} \text{diámetro mínimo} \geq 90 \text{ mm} \\ \text{caudal mínimo} \geq 22.5 \text{ L/s} \end{cases}$$

Posto isto procedeu-se ao dimensionamento da rede, começando por alterar o diâmetro das tubagens que abastecem os hidrantes, uma vez que se verifica que estas no cenário base possuem um diâmetro inferior ao legislado. Para se proceder a alteração do diâmetro, duplicou-se o cenário base sendo necessário criar uma alternativa para a característica *Physical*. As alterações de diâmetros realizada encontra-se perceptível na Figura 33 pela mudança de cores.

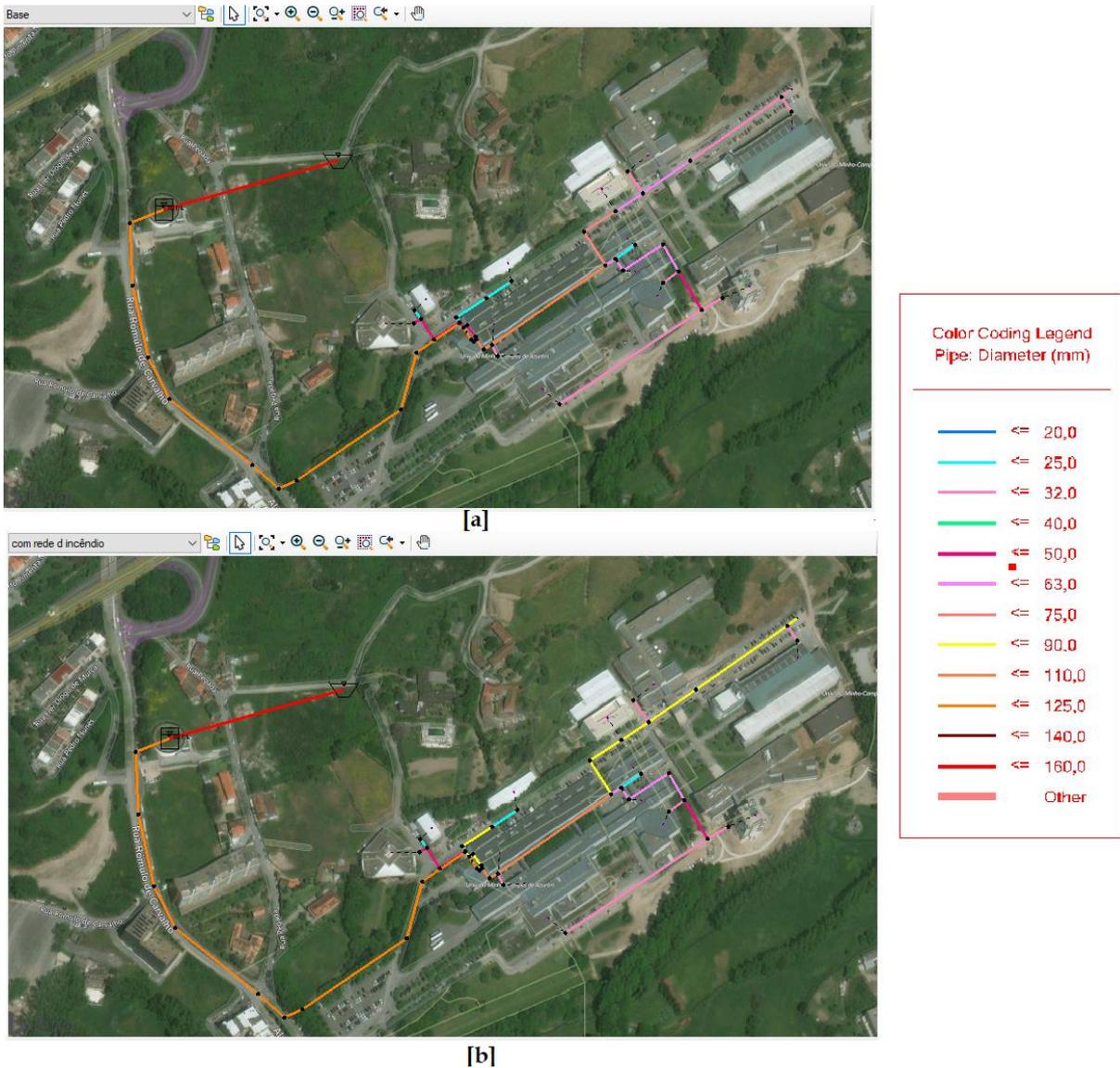


Figura 33 - Diferença de diâmetro entre cenários ([a]: cenário base; [b]: cenário com rede de incêndio)

4.3.4 A Interoperabilidade na passagem de informação Watergems - Revit

Como já foi referido o *Dynamo* é uma ferramenta de programação visual que serve de complemento ao *Revit*, permitindo de forma rápida e quase que automática realizar operações que de forma manual se verificariam muito complexas e com grande consumo de tempo.

No desenvolvimento deste trabalho quando se identificaram as limitações de interoperabilidade do *Watergems* com os *software* BIM, mais concretamente com o *Revit*, que tem sido largamente utilizado, optou-se por fazer a importação dos ficheiros *Excel*, que são de

forma fácil e quase que automaticamente obtidos/exportados do *Watergems*, para a criação da rede.

No *Dynamo*, através das caixas de programação selecionou-se o ficheiro que se pretendia ler e posteriormente identificou-se as folhas do ficheiro das quais se pretende ler a informação (Figura 34).

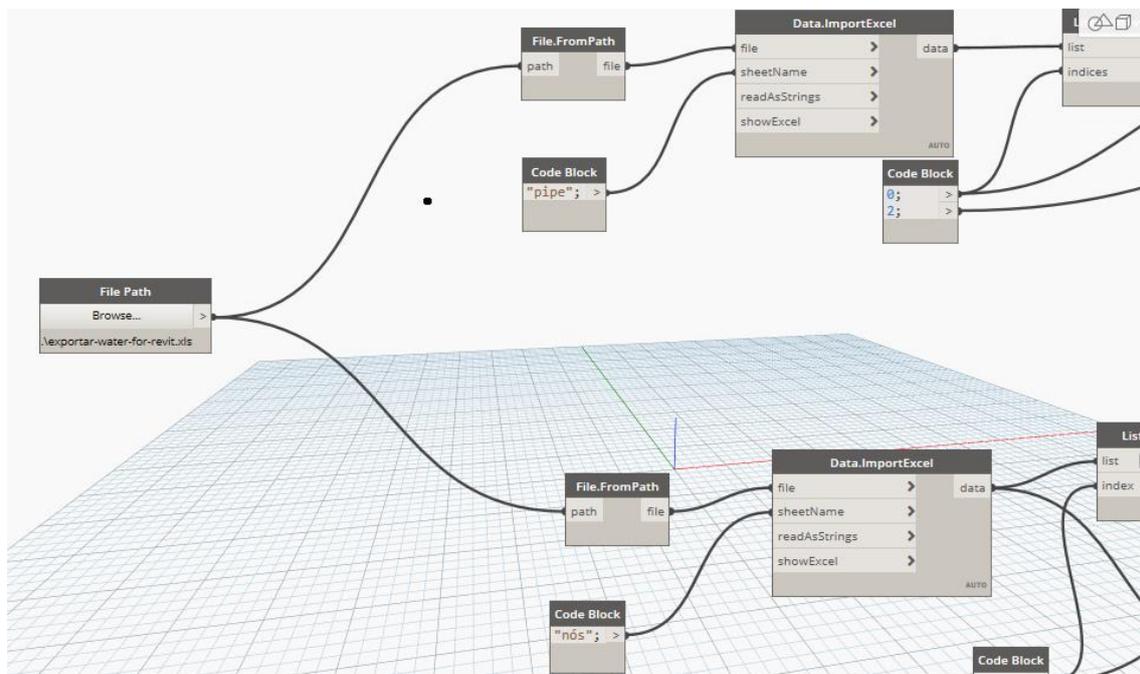


Figura 34 - Leitura e seleção da informação do Excel no *Dynamo*

Após alguma filtração da informação, uma vez que nem toda a informação constante nas folhas do ficheiro que foi selecionado para o programa ler interessava ser lida de forma exhaustiva, recorreu-se às *Python Script* (que são caixas de programação que permitem a inserção de códigos de programação em linguagem *Python*), tendo-se desenvolvido um código que permite realizar o cruzamento da informação constante nas duas folhas do ficheiro *Excel* exportado do *Watergems*. Ou seja, uma folha, a dos nós continha as coordenadas de cada nó. Por sua vez a folha das tubagens (*pipes*) continha o nó em que a tubagem começava e o nó em que esta acabava, assim como o diâmetro da mesma. Logo através de linguagem de programação procurou-se para cada tubagem os nós que lhe estavam associados, de forma a que se obtivesse as coordenadas de cada extremidade.

Do processo anteriormente descrito resulta uma lista (Figura 35) com várias sublistas, onde cada sublista representa uma tubagem com as coordenadas x, y e z de cada extremidade.

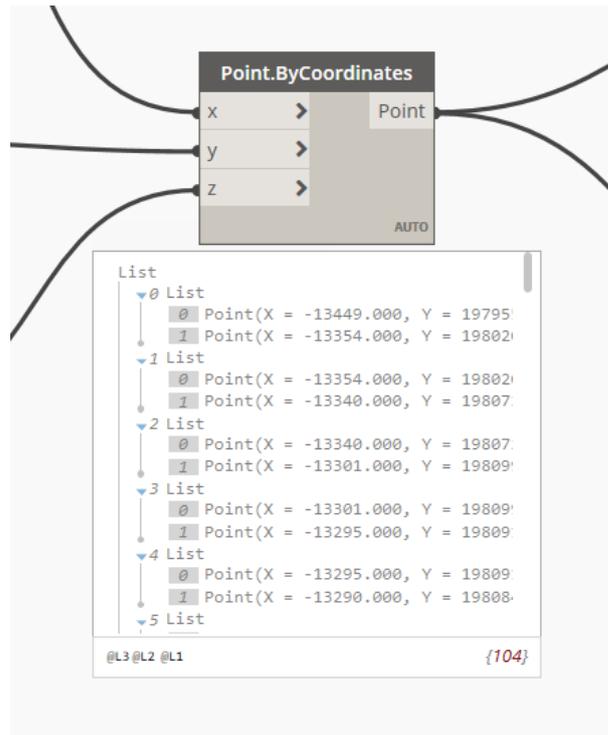


Figura 35 - Visualização da lista criada

Por fim, depois de se ter associado, através das caixas de programação descarregadas da biblioteca do programa, toda a informação referente a cada tubagem (coordenadas iniciais e finais, diâmetros e família de tubagens) procedeu-se à criação da rede de forma automática. O resultado final apresenta-se na Figura 36[b].

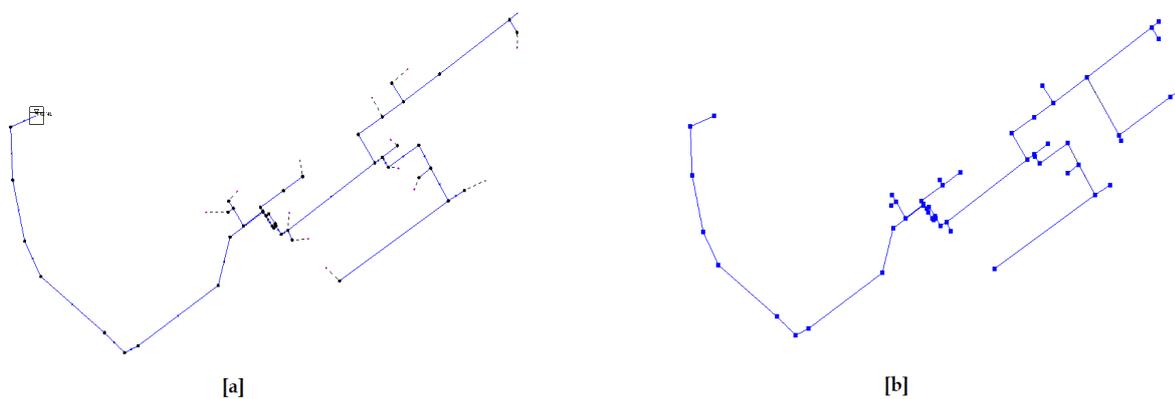


Figura 36 -[a] Rede criada no *Watergems*; [b] Rede no *Revit* criada com o *Dynamo* com o Excel exportado do *Watergems*

4.3.5 A Interoperabilidade na passagem de informação *Revit* - *Watergems*

A fase da gestão é sem dúvida a mais longa e a mais dispendiosa do ciclo de vida da infraestrutura. É nesta fase que se fazem as manutenções da rede devido a avarias, funcionamento inadequado, tempos de vida útil dos elementos ultrapassados, etc.

Durante a gestão podem ainda surgir novos desafios, derivados por exemplo do crescimento da população a ser servida, sendo necessário expandir a rede existente. Nestas situações é de extrema importância estudar os efeitos das possíveis expansões na rede existente de forma a aferir sobre as melhores soluções, com vista a conseguir-se o máximo desempenho ao mais baixo custo.

Nesta fase do trabalho, simulou-se a passagem da informação existente no modelo *Revit* (a plataforma para a gestão) onde se simulou a expansão da rede, sendo posteriormente o modelo referente à expansão exportado para o *Watergems* (o *software* de cálculo), tendo-se procedido ao dimensionamento do novo trecho de rede. O processo que será descrito, pode ser visualizado na Figura 37.

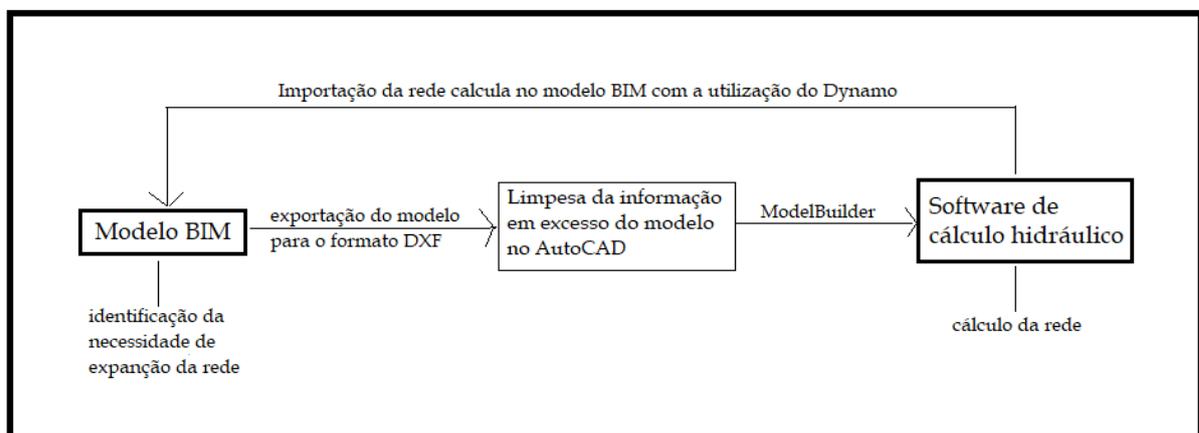


Figura 37 - Passagem de informação entre *software*

Como passo inicial, identificou-se no *Revit* (que já continha um modelo tridimensional da área em estudo) quais os edifícios que necessitariam de ser abastecidos nesta expansão da rede, tendo-se identificado a inexistência de rede de abastecimento para o edifício 12 e a necessidade de abastecer um novo ponto de consumo no edifício 11 (zona 2 do edifício 11). O novo trecho de rede criado encontra-se representado na Figura 38 e Figura 39.



Figura 38 - Identificação dos novos pontos de consumo

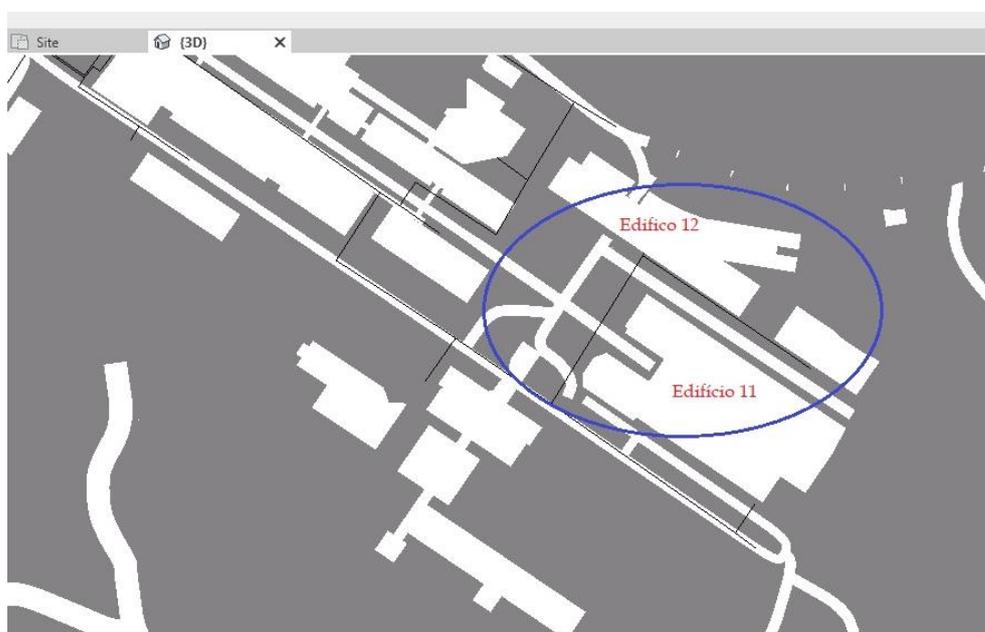


Figura 39- Criação da rede para os novos pontos de consumo no *software* de Gestão

Atendendo à facilidade de criação da rede no *Watergems*, tendo por base um cadastro já existente no formato CAD (neste caso em concreto não se trata de um cadastro, mas sim de uma previsão de expansão da rede), exportou-se a rede para uma extensão DXF. Na exportação do modelo *Revit* para o formato CAD é necessário ter atenção às unidades de exportação (m). No *AutoCAD*, por sua vez, limpou-se o ficheiro criado, ou seja, apagou-se toda a informação referente à rede que já existia, deixando apenas a informação referente à expansão, importando esse ficheiro no *Watergems*. Neste passo foi necessário escolher o tipo

de ficheiro a ser importado (ficheiro CAD), as unidades de exportação (m). O resultado da exportação pode ser visualizado na Figura 40.

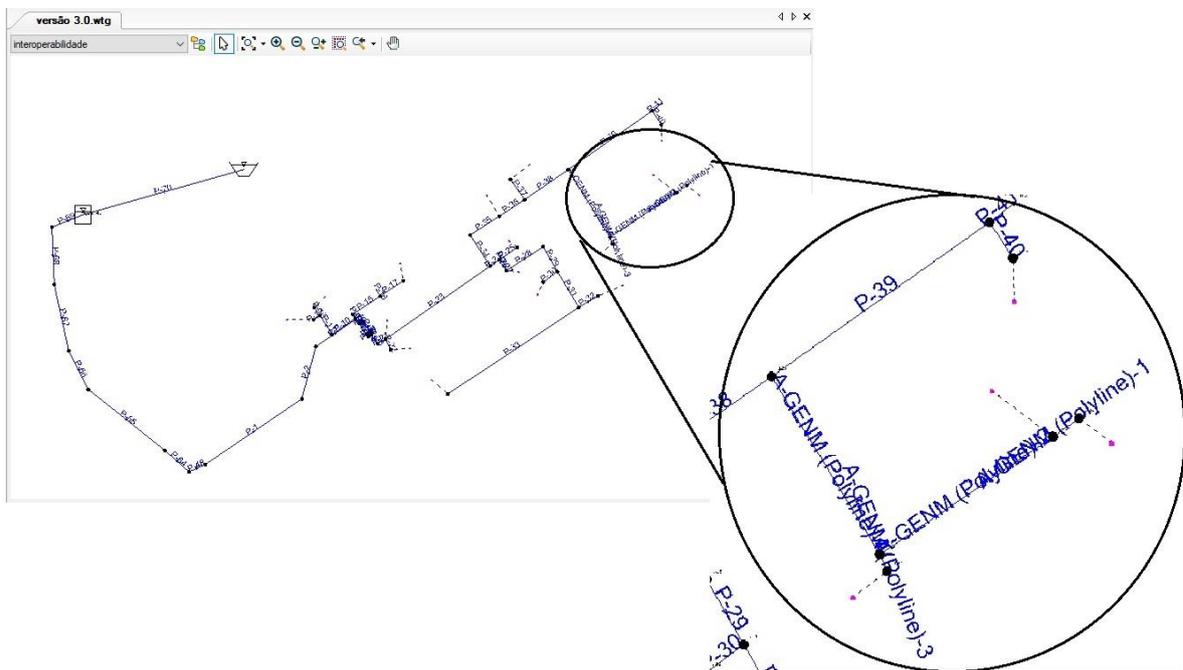


Figura 40 - Expansão da rede criada no *Watergems*

Derivado da exportação do ficheiro, são criadas tubagens neste caso com um diâmetro arbitrário, uma vez que tais ainda não teriam sido definidos no programa de gestão e com nomenclatura referente aos *Layers* do *AutoCAD* que lhes deu origem, como se pode verificar na Figura 40.

Numa primeira fase começou-se por atribuir a nomenclatura às novas tubagens de acordo com aquela que já tinha sido inserida nas tubagens já simuladas para que todo o modelo se encontrasse coerente, tendo-se procedido depois ao cálculo dos caudais de consumo de cada edifício pelo método já antes exposto, determinando-se os diâmetros de cada uma das tubagens.

O resultado final, que servirá para simulação da rede, é apresentado na Figura 41

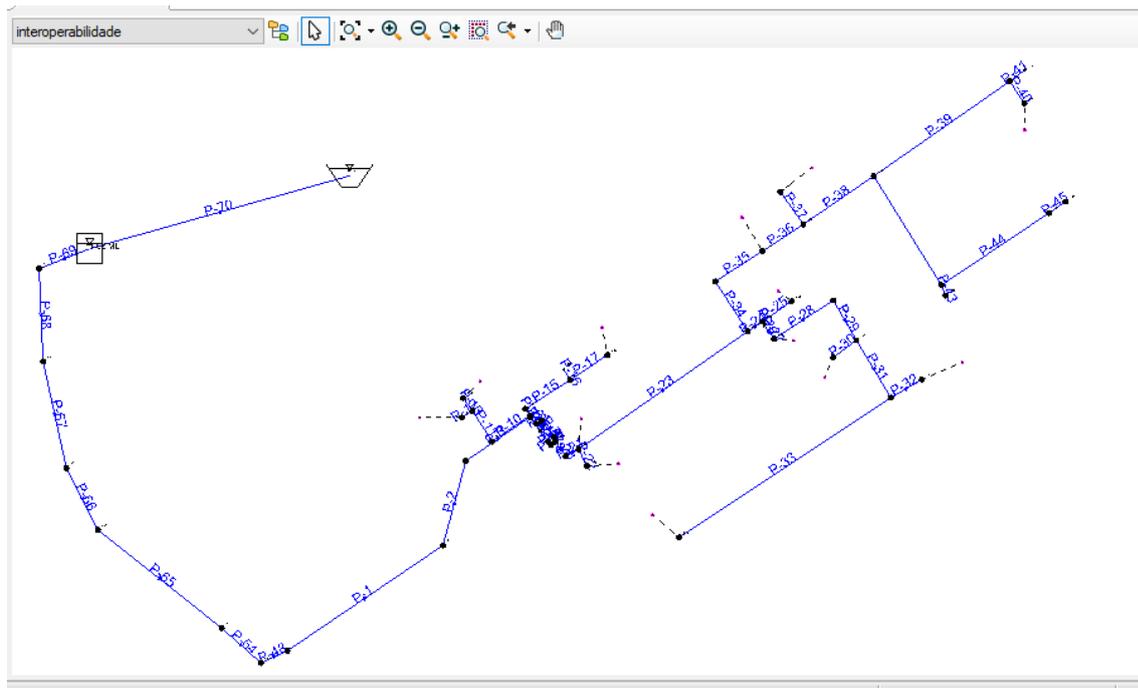


Figura 41 - Rede c/ expansão para simulação no *software* de cálculo hidráulico

Após a simulação/cálculo da rede neste novo cenário esta pode ser exportada novamente para o programa de gestão (o *Revit*), realizando-se um ciclo continuo onde apenas se transfere a informação relevante para as diferentes fases do ciclo de vida da infraestrutura entre os *software*.

4.3.6 Gestão da infraestrutura no *Revit*

Uma vez criada a rede e demonstrada toda a interoperabilidade entre os *software* que potenciam a troca eficiente de informação entre as diversas fases do ciclo de vida de uma infraestrutura, resta demonstrar de que forma o *Revit* permite fazer a gestão de forma eficiente da infraestrutura. Para o efeito considerou-se relevante a informação presente na Figura 10. No *Revit* procedeu-se à criação de novos parâmetros para a gestão da rede (parâmetros de avaliação presentes na figura anteriormente referida retirada do GT16), como se pode observar na Figura 42.

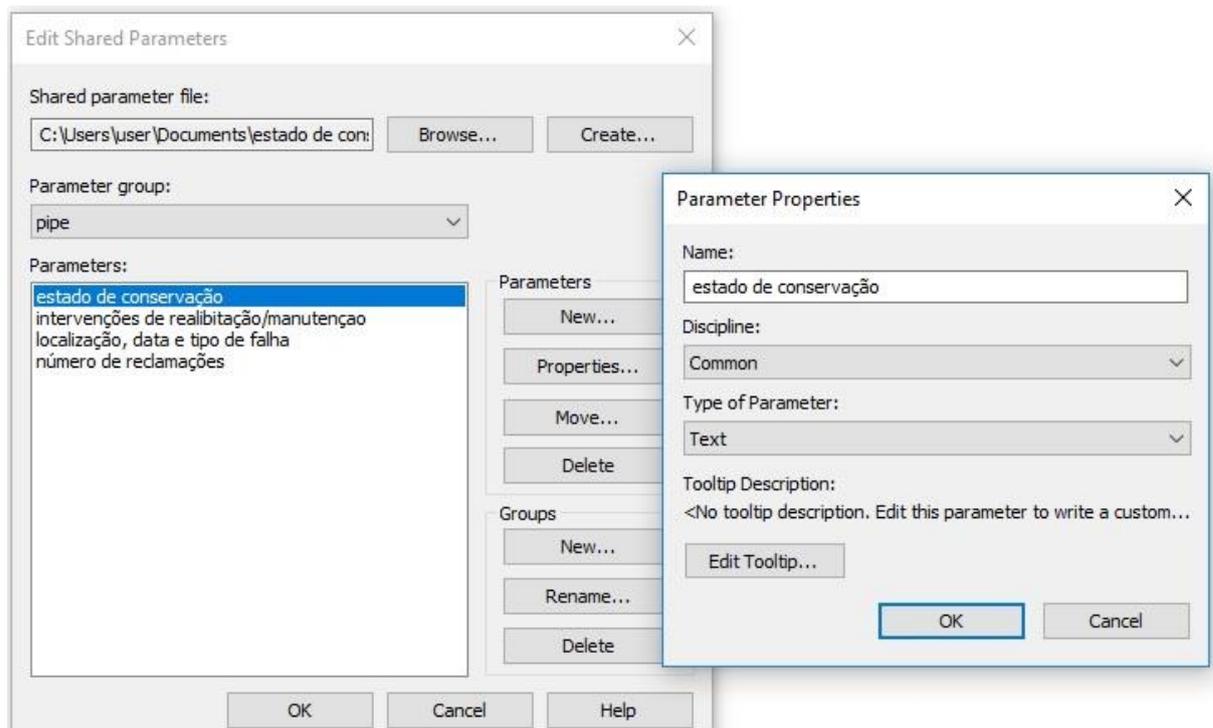


Figura 42 - Criação dos *Shared Parameters*

Para cada um dos parâmetros criados foi necessário atribuir a informação referente à disciplina (*Common*) e o tipo de parâmetro criado (texto). Ressalve-se que existe a disciplina específica de *Pipes*, no entanto no tipo de parâmetros não permite a inserção de texto, tendo-se optado desta forma pela disciplina *Common*.

Por fim necessitou-se de atribuir cada um dos parâmetros criados ao tipo de elementos pretendido (neste caso os *pipes*), como se ilustra na Figura 43. O resultado final é o ilustrado na Figura 44, onde na seleção de cada tubagem é possível editar os campos dos parâmetros criados.

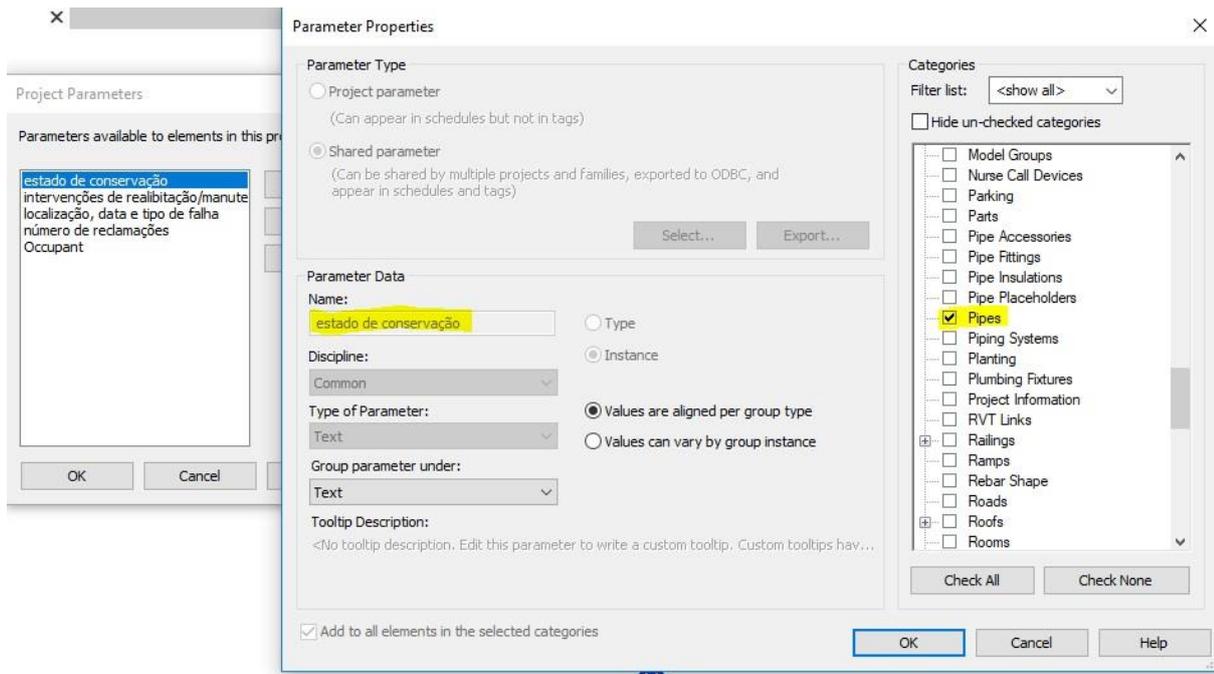


Figura 43 - Atribuição dos parâmetros aos elementos do modelo

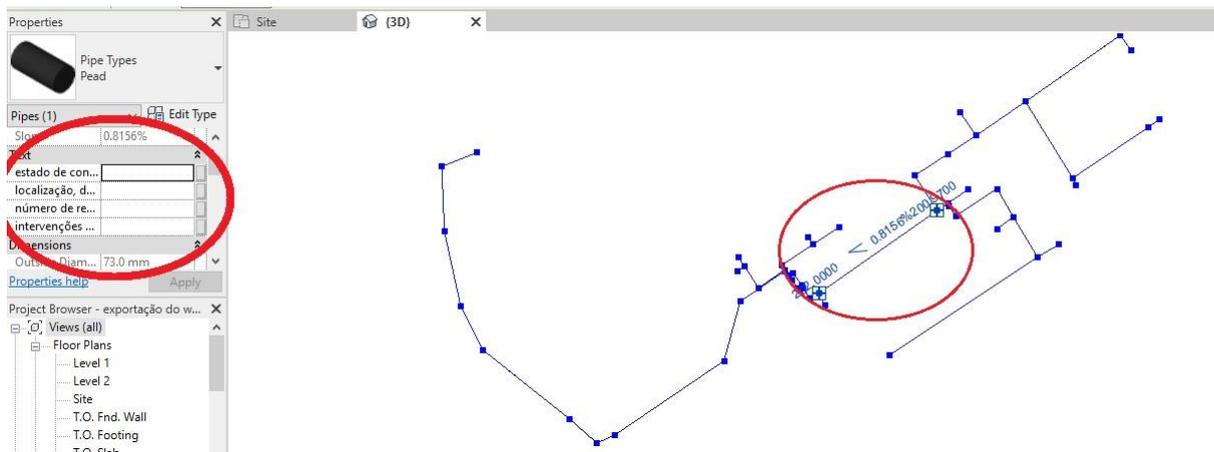


Figura 44 - Gestão da informação referente às tubagens da rede

Uma vez criados todos os parâmetros identificados como necessários para a gestão eficiente das infraestruturas urbanas de água, na fase de gestão é possível, sempre que se justifique, a sua atualização, assim como a criação de novos parâmetros que se identifiquem necessários com o decorrer da vida útil da infraestrutura.

Com este tipo de ferramentas é possível, além da visualização de todas as características da rede de forma individual (elemento a elemento), a sua visualização por setor/áreas, conseguindo definir-se prioridades de intervenção consoante a importância que determinada conduta/elemento tem para o correto e eficiente funcionamento da rede.

Com a utilização de uma ferramenta adequada que leia a informação existente no modelo, sobre por exemplo avarias registadas, datas previstas para manutenção atendendo ao tempo de vida útil da rede ou dos elementos da rede, é possível criar-se avisos que poderão ser enviados via email ou SMS para os responsáveis pela gestão da infraestrutura como forma de garantir a correta e eficiente manutenção da rede, aumentando o seu tempo de vida útil e diminuindo os gastos com a infraestrutura.

À semelhança do que acontece com o *Watergems*, o *Revit* permite ainda que dados de leitura através de sensores localizados em determinados pontos da rede possam ser incorporados no modelo, podendo ser gerados avisos, sempre que se verifique um funcionamento considerado como deficiente da infraestrutura, à semelhança do que já acontece noutras áreas.

A informação referente aos elementos da rede, pode ainda ser visualizada/analísada no formato tabela para uma melhor análise e perceção.

Conclui-se assim que o *Revit* apresenta capacidade para reunir toda a informação referente à gestão da infraestrutura.

4.3.7 Modelo tridimensional da envolvente

A monitorização do funcionamento de todas as atividades desenvolvidas nas cidades é um aspeto que toma especial relevância na atualidade. Assim sendo, como fase final deste trabalho procurou-se mostrar mais um pouco das mais valias do BIM nesta função.

Para tal recorreu-se ao *software Infraworks* da *Autodesk*, onde se obteve de forma simplista a representação 3D da área em estudo, tal como se ilustra na figura abaixo (Figura 45). No entanto, como anteriormente referido o *software* apresenta a limitação da atualização das imagens de satélite, uma vez que o edifício da biblioteca do campus (identificada na Figura 45 com o x) que terá sido finalizado em 2016, não se encontra ainda representado no ficheiro criado, sendo, no entanto, possível ver-se nas imagens os possíveis trabalhos iniciais de preparação do terreno (a zona encontra-se num castanho claro, sem qualquer vegetação) que terão sido iniciados cerca de dois anos antes da data anteriormente mencionada, o que evidência uma desatualização nas imagens de cerca de 4 anos.

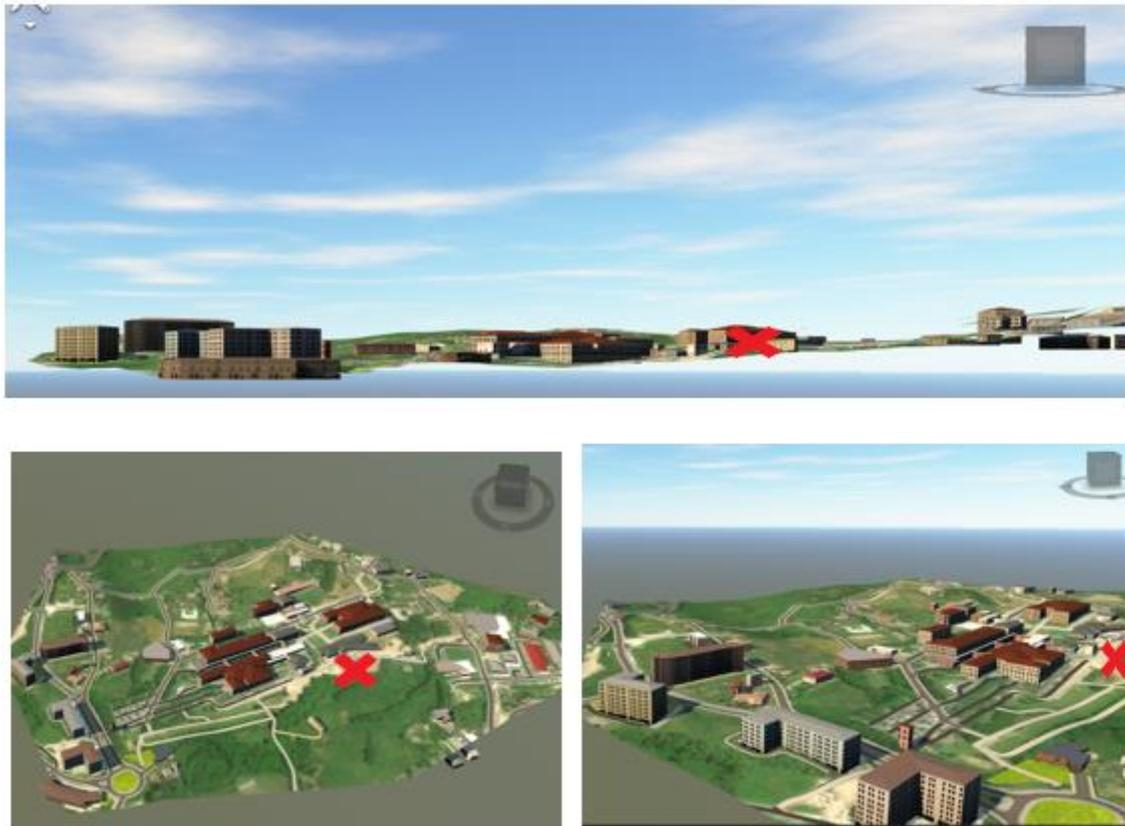


Figura 45 - Representação tridimensional da área em estudo, obtida no *InfraWorks* da *Autodesk*

Após a obtenção deste modelo que representa os volumes do campus onde a rede está inserida, procedeu-se à sua importação para o *Revit*, onde anteriormente havia sido criada a rede, inicialmente representada no *Watergems*. Como não foi possível efetuar a importação do ficheiro criado no *Infracworks* de forma direta, recorreu-se ainda ao *Navisworks*, *software* da *Autodesk* vocacionado para a coordenação de modelos BIM. Nesse *software* apenas foi alterada a extensão do ficheiro para que pudesse ser importado no *Revit*.

Por fim, no *Revit* importou-se o modelo a partir do *Coordination Model*. Por diferença de coordenadas dos pontos zero-zero dos programas utilizados, os dois modelos não ficaram coincidentes numa primeira fase, utilizando-se o comando *move* para fazer coincidir os dois modelos (a rede já criada e a cartografia inserida). O resultado final pode ser visualizado na Figura 46 e Figura 47.

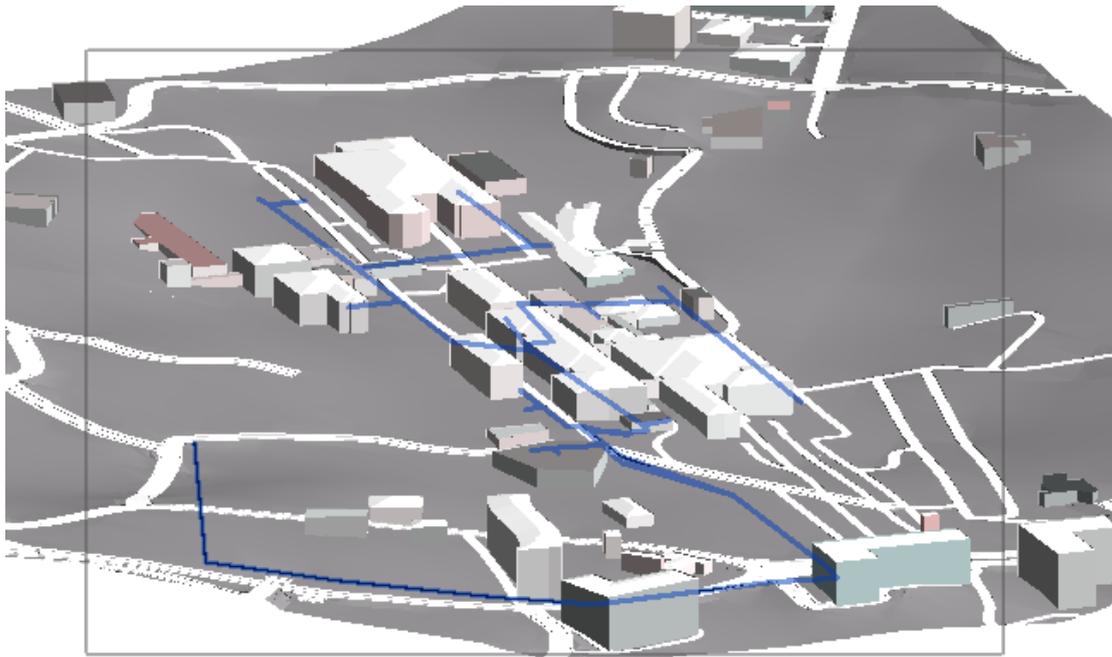


Figura 46 - Vista tridimensional da rede com a envolvente

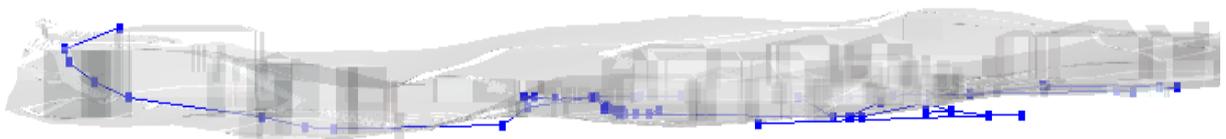


Figura 47 - Isometria da rede (vista Sul)

Desta forma simplista pretendeu-se demonstrar a fácil interação entre os diversos *software* com a utilização das metodologias BIM, onde se garante a troca de informação de forma eficiente.

4.4 Simulação de cenários

4.4.1 Variação da velocidade ao longo da rede ramificada para o cenário base

A velocidade da água nas tubagens é um fator importante aquando do dimensionamento das redes de distribuição de água, uma vez que velocidades altas provocam fenómenos de cavitação e desgaste das tubagens, enquanto que velocidades baixas ou até mesmo a estagnação da água contribuem para a deterioração da qualidade da água e acumulação de ar nas tubagens.

Segundo o Decreto-Lei 23/95, as velocidades admissíveis para as redes de abastecimento de água situam-se entre 0,5 m/s e 2 m/s, sendo que a velocidade para o caudal de ponta para o ano zero não deve ser inferior a 0,3 m/s.

No presente documento, pretende-se com base na rede dimensionada, aferir de que forma variam as velocidades na rede para o dia de máximo e mínimo consumos da rede de distribuição. Para tal é apresentado o Gráfico 1, o Gráfico 2 e o Gráfico 3 respetivamente, obtidos diretamente no *Watergems*.

Analisando os padrões de consumo criados, verifica-se que um dos dias de maior consumo da rede será no mês de novembro entre uma segunda e um sábado. De forma aleatória escolheu-se o dia 13 de novembro de 2018.

Por sua vez, como dia de consumo mínimo foi escolhido o dia 12 de agosto de 2018, tendo por base os padrões de consumo criados.



Gráfico 1 - Variação de velocidade no dia de máximo consumo no cenário base

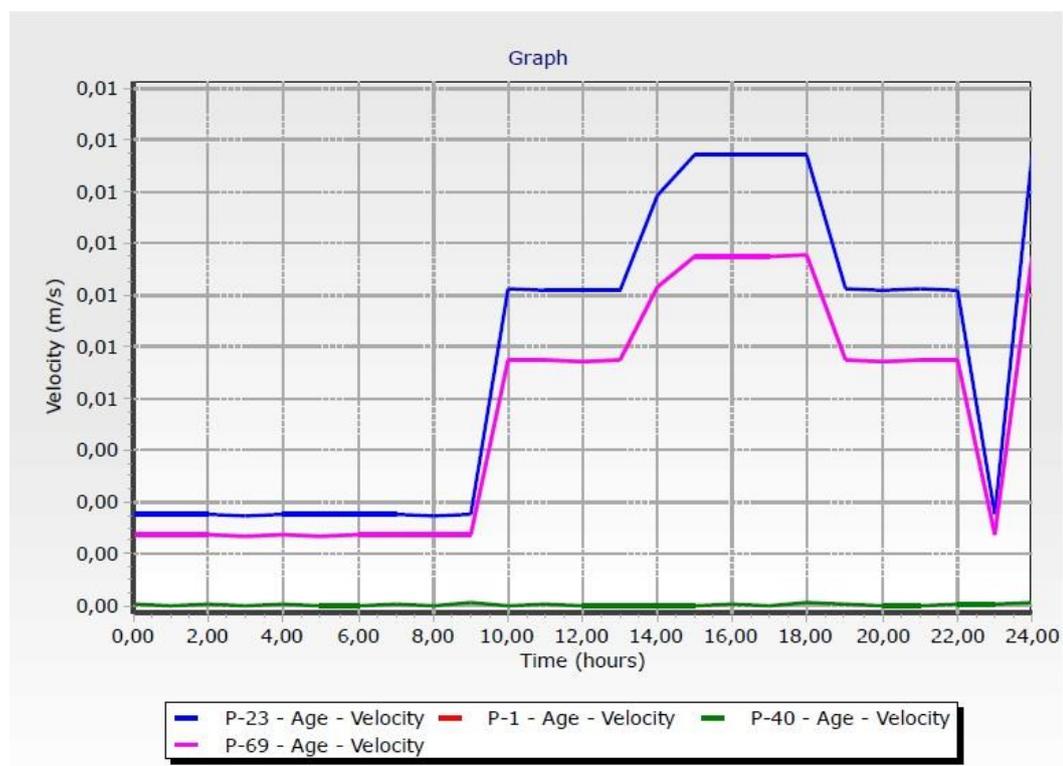


Gráfico 2 - Variação de velocidade no dia de menor consumo no cenário base

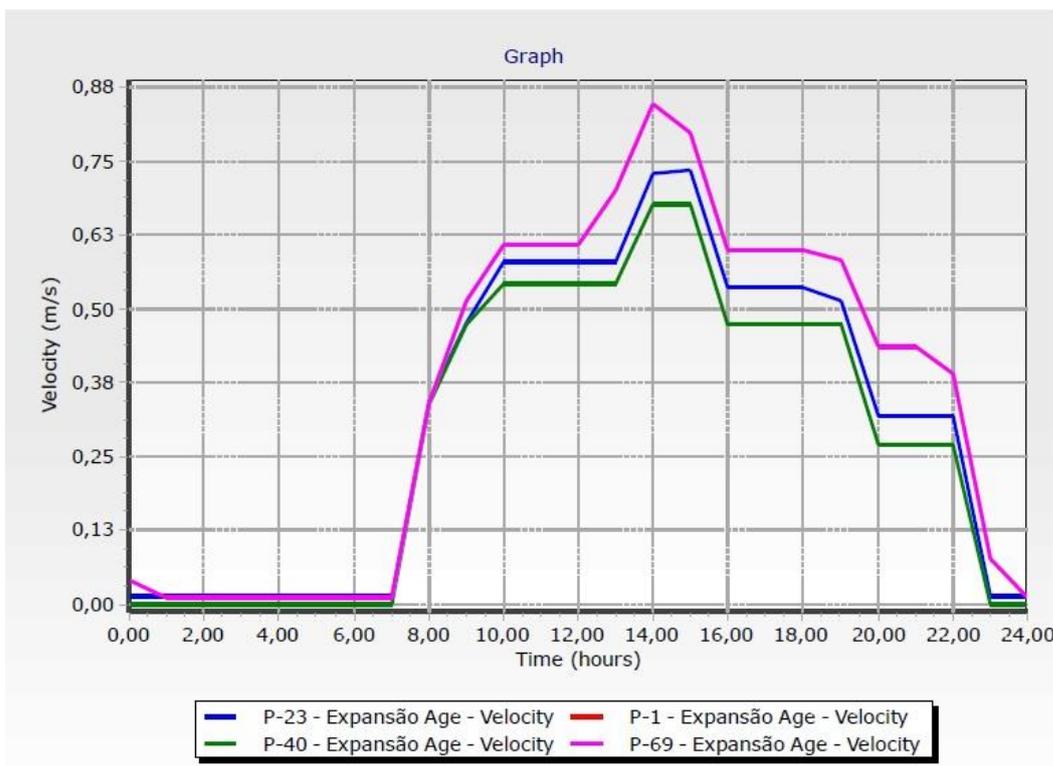


Gráfico 3 - Variação de velocidade no dia de máximo consumo no cenário com expansão da rede

4.4.2 Variação da pressão ao longo da rede ramificada para o cenário base

Segundo o Decreto-Lei 23/95, a pressão ao longo da rede de distribuição deve apresentar um valor mínimo de 100 kPa, sendo que não deve ultrapassar o valor de 600 kPa. O mesmo documento salienta ainda que para um nó, ao longo do dia não são aceitáveis variações de pressões superiores a 300 kPa.

Em seguida apresentam-se o Gráfico 4, o Gráfico 5 e o Gráfico 6 obtidos a partir do *Watergems* onde se encontra representada a variação da pressão na rede para o dia de maior consumo no cenário base, no cenário com rede de incêndio e no cenário com expansão da rede, respetivamente. Não se julgou relevante inserir o gráfico para o dia de menor consumo, uma vez que como os consumos são muito próximos de zero não existe variações nas pressões da rede devido aos consumos.

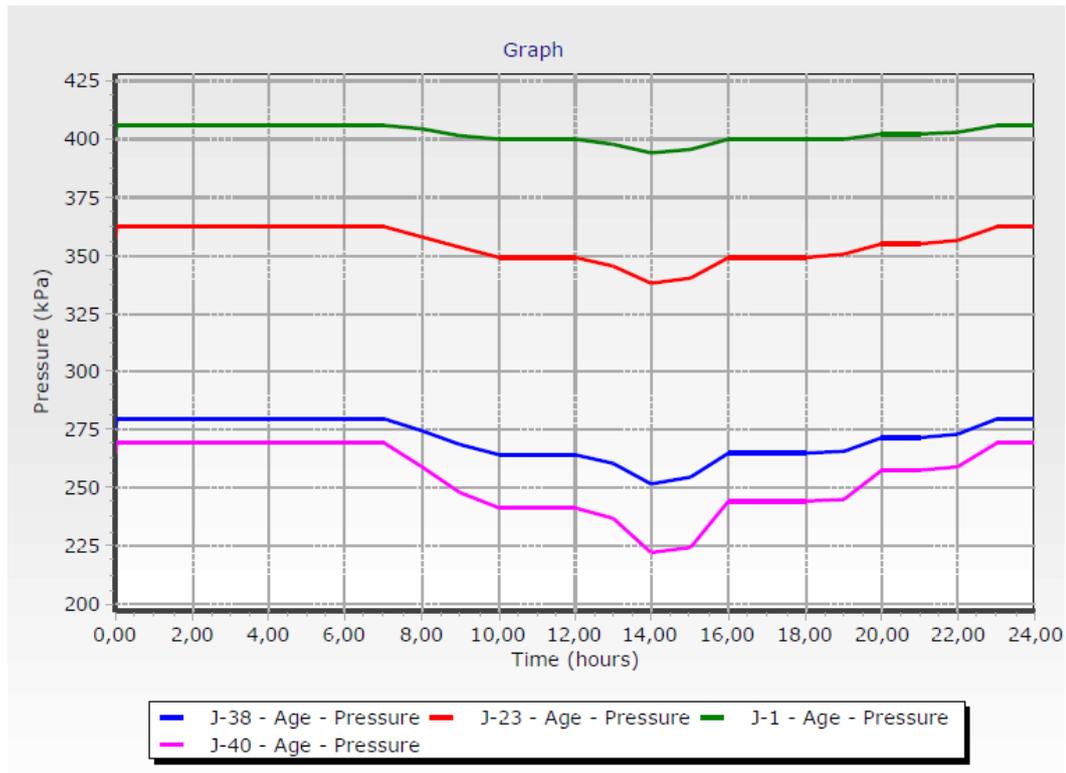


Gráfico 4 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário base

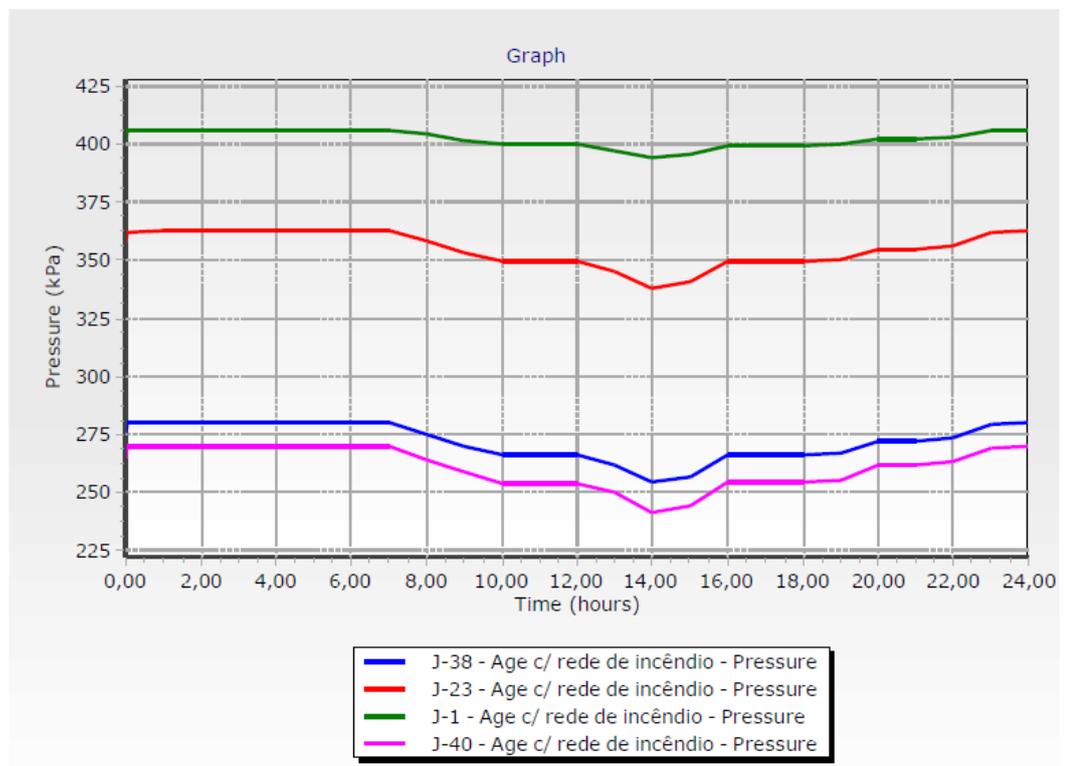


Gráfico 5 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio

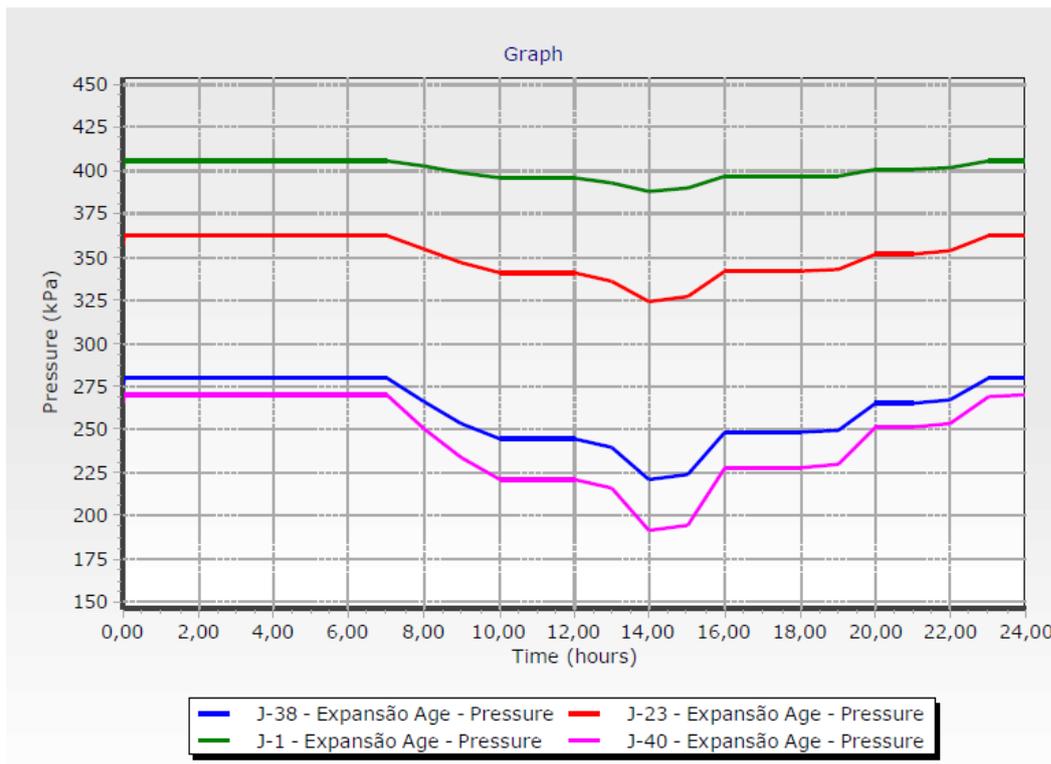


Gráfico 6 - Variação das pressões na rede ao longo do dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

4.4.3 Variação do caudal na rede ao longo do dia

Uma das maneiras mais utilizadas para detetar fugas nas redes de abastecimento de água é através da monitorização dos caudais noturnos. Há noite, os consumos das populações caracterizam-se por serem nulos ou terem valores muito próximos de zero, salvo alguns casos pontuais. Assim, quando se verificam consumos superiores aos valores residuais de consumo noturnos nos pontos de medição e controle, torna-se um aviso para a entidade gestora.

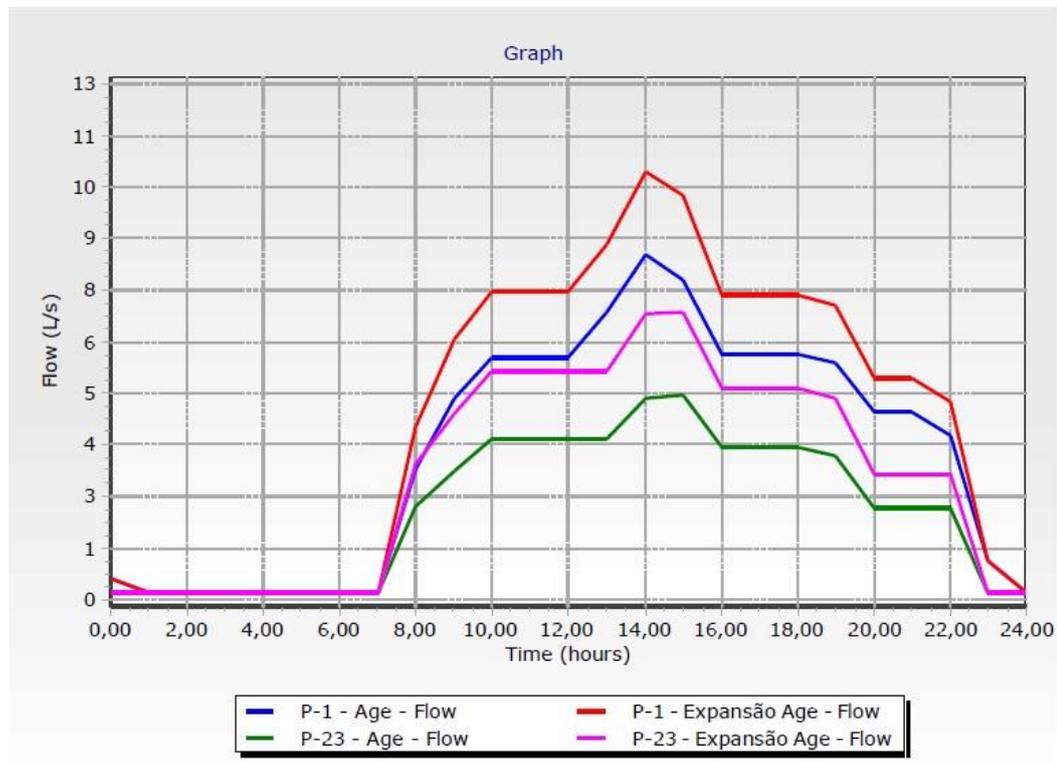


Gráfico 7 - Variação de caudal no dia de maior consumo entre o cenário base e no cenário com expansão da rede

4.4.4 Decaimento de cloro na rede

Tendo por base os cenários criados, procedeu-se ao cálculo do decaimento de cloro na rede. Para tal, em primeiro lugar criou-se o parâmetro de análise (*Chlorine*), sendo que em seguida procedeu-se à atribuição das novas propriedades deste elemento. Na Figura 48 encontra-se sublinhado os campos que foram necessários preencher (tipo de cálculo; data da simulação; duração da simulação).

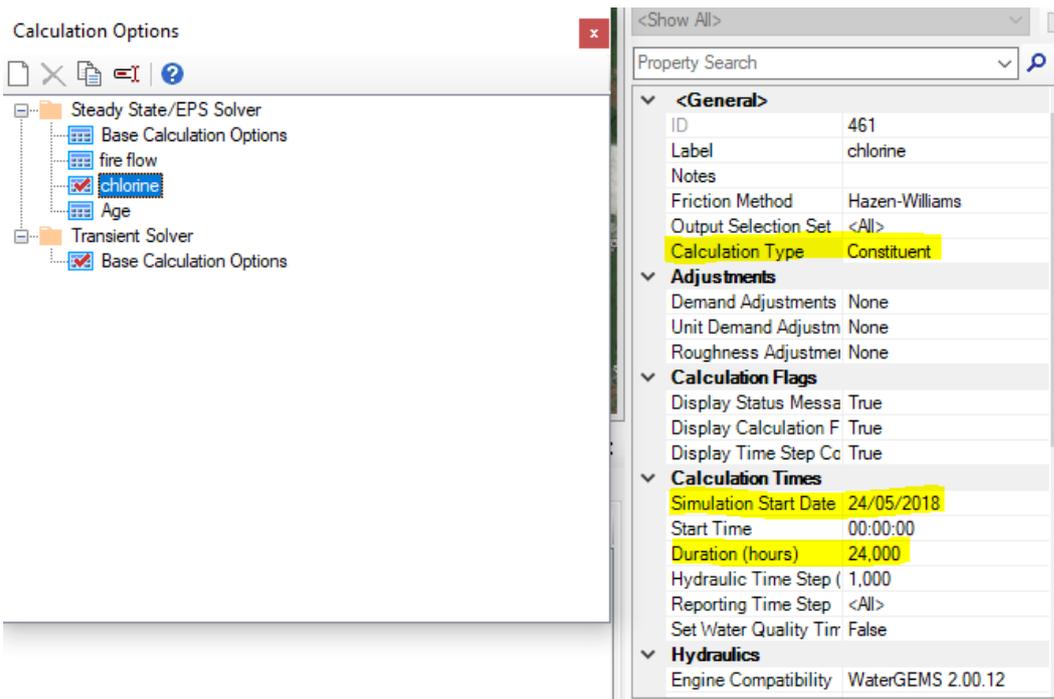


Figura 48 - Identificação dos campos a serem alterados para a análise do cloro

Após a criação do constituinte em análise, foi necessário criar um rótulo associado ao nosso componente para que fosse possível atribuir os valores de difusividade, ordem da reação, taxa da reação, ordem da reação ocorrida nas paredes das tubagens e a taxa de reação das paredes das tubagens (Figura 49). Os valores para aqui assumidos são valores empíricos, devendo num caso real estes valores serem obtidos através dos processos de monitorização e cadastro da rede. Importa ainda salientar que os valores da taxa de reação e da taxa de reação das paredes das tubagens devem entrar como valores negativos com o fim de demonstrar o decaimento de níveis de cloro.

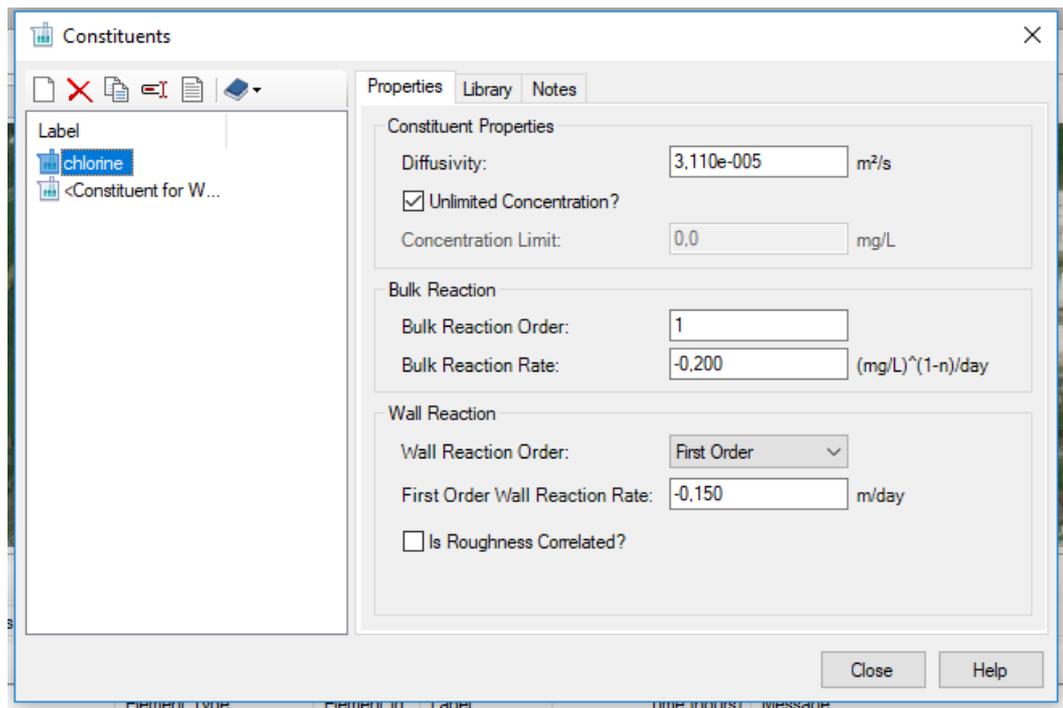


Figura 49 - Difusividade, taxas de reação e ordem das reações para o cloro

Por fim procedeu-se à criação do cenário. Como se pretendia que todos os elementos sejam iguais ao do cenário que lhe dá origem (cenário base, cenário com rede de incêndio ou cenário de expansão da rede), criou-se um *Child Cenário* (cenário filho) para cada um, alterando apenas nas propriedades deste cenário, o *Constituinte* para Chlorine assim como o *Steady State*. As alterações aqui enunciadas podem ser verificadas na Figura 50. Para verificar que os elementos em estudo no cenário criados são os mesmo do cenário que lhe deu origem para cada propriedade tem de estar definido com “<I>” seguido do nome do cenário que lhe deu origem.

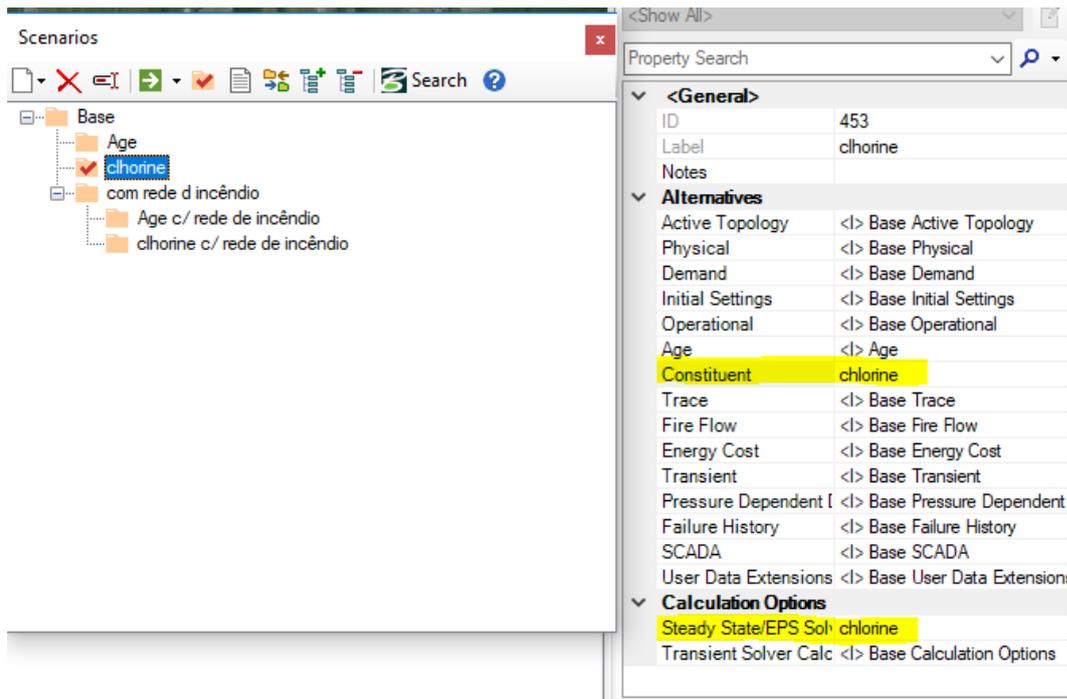


Figura 50 - Atribuição das propriedades ao cenário

Para realizar uma melhor comparação dos resultados entre os cenários aqui mencionados, recorreu-se à ferramenta de elaboração de gráficos do *Watergems*, tendo-se efetuado para a comparação da concentração do cloro entre os dois cenários os seguintes gráficos:

- Variação da concentração do cloro na tubagem P1; P23; P40; P69 para os dias de máximo e mínimo consumo da rede, em cada um dos cenários criados (Base-*chlorine*, c/ rede de incêndio-*chlorine*, expansão- *chlorine*);

Os gráficos obtidos são os seguintes:

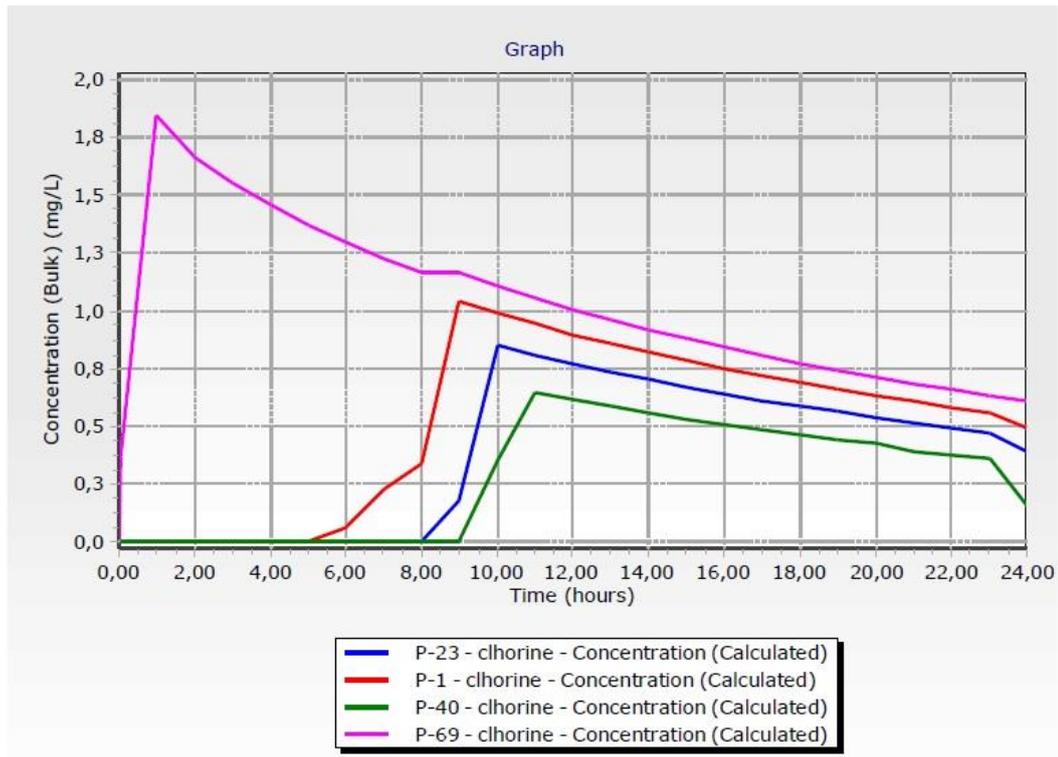


Gráfico 8 - Concentração de cloro nas tubagens para dia de máximo consumo no cenário base

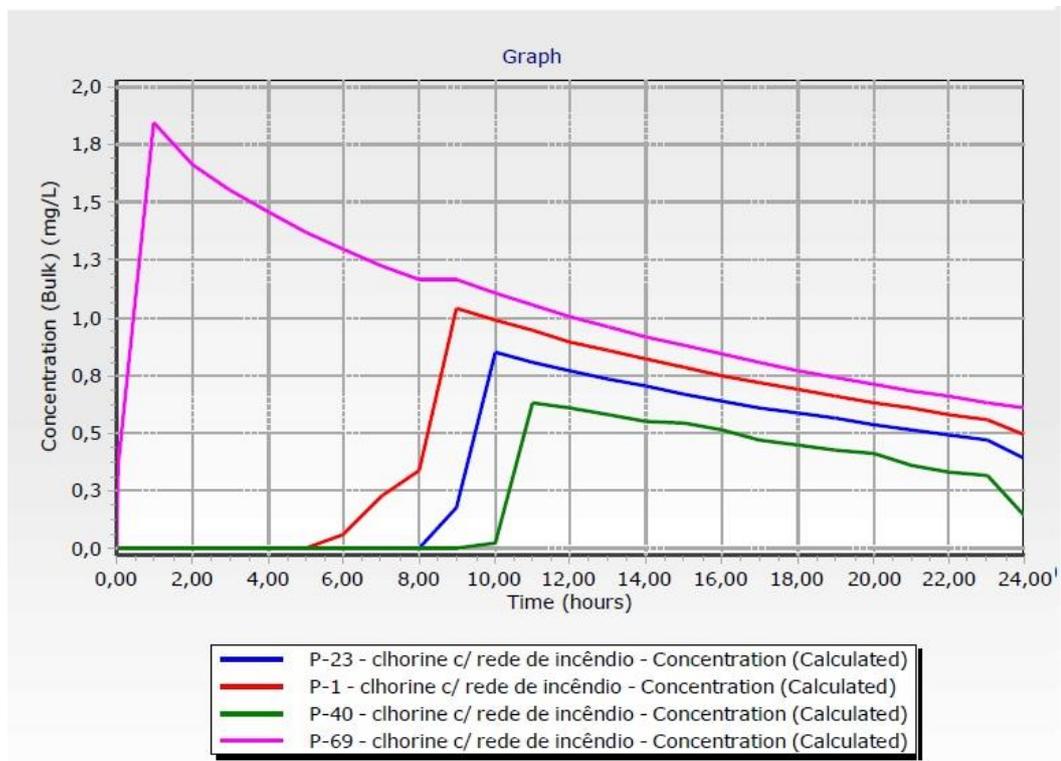


Gráfico 9 - Concentração de cloro nas tubagens para dia de máximo consumo no cenário com rede de incêndio

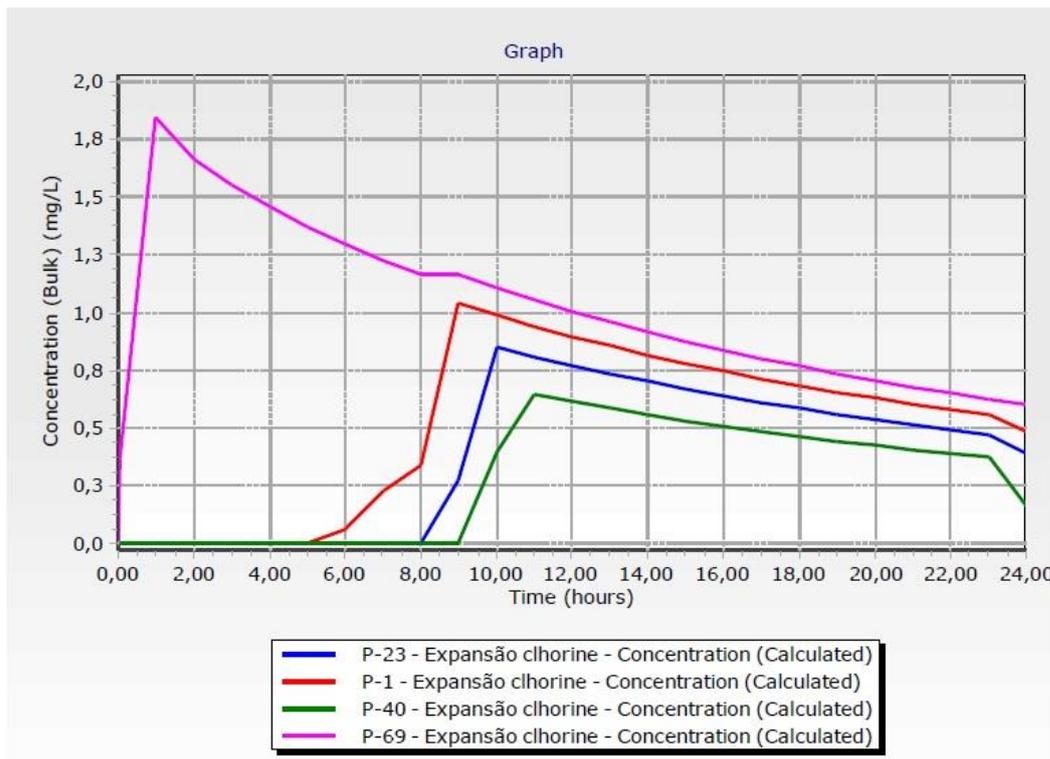


Gráfico 10 - Concentração de cloro na rede no dia de máximo consumo no cenário com expansão da rede

4.4.5 Tempo de retenção hidráulico

Para realizar a análise do tempo de retenção hidráulico o procedimento foi em tudo semelhante ao já mencionado anteriormente para análise de decaimento de cloro na rede.

Iniciou-se o processo pela criação do critério *Age* (idade), sendo depois atribuídas as propriedades pretendidas, sendo elas, o dia em que se pretende efetuar a simulação e o tempo de duração da simulação. A título de exemplo apresenta-se a Figura 51.

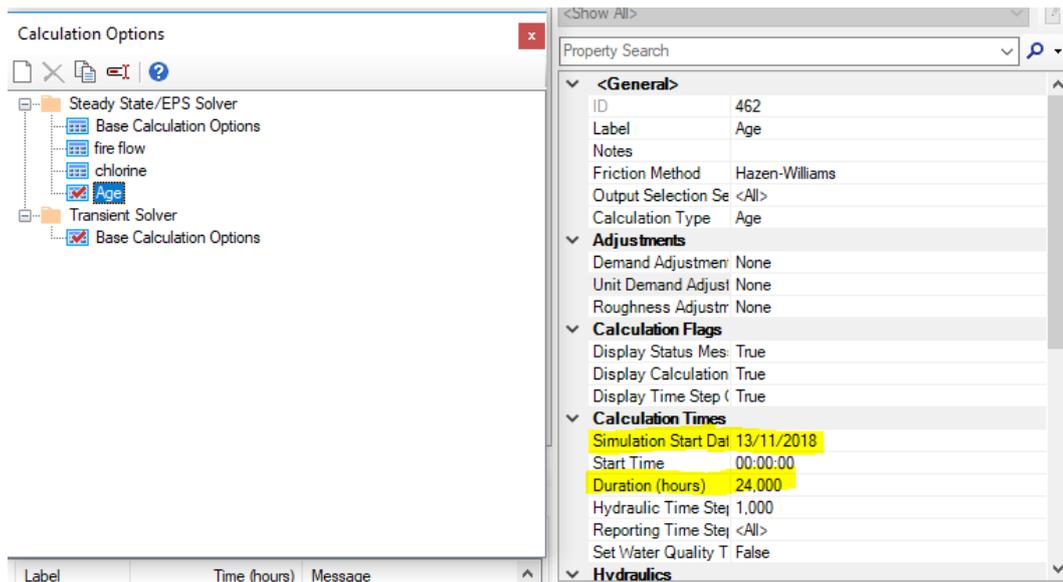


Figura 51 - Identificação dos campos a serem alterados para a análise do tempo de retenção hidráulico

Em seguida criou-se o rótulo do critério em análise, para que de seguida se pudesse atribuir as características a cada elemento da rede, ou seja, definir que para o $T=0h$ a idade da água em qualquer um dos elementos da rede era zero.

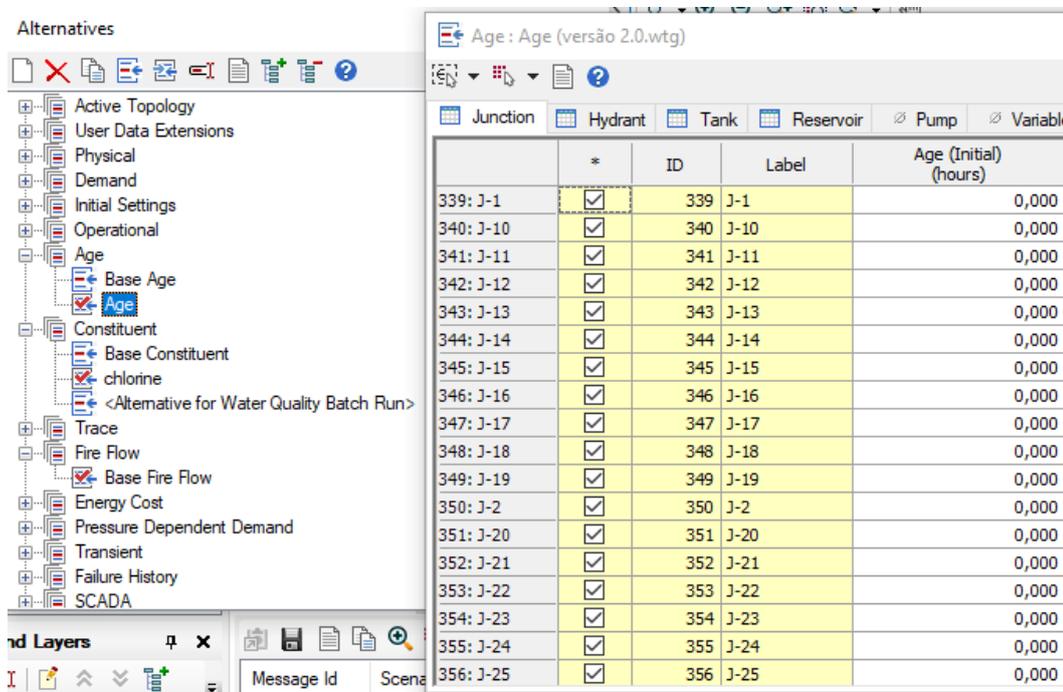


Figura 52 - Definição da idade inicial igual a zero em todas as junções da rede

Como último passo procedeu-se à criação de um cenário filho para o cenário base, para o cenário com rede de incêndio e para o cenário com expansão da rede alterando apenas as propriedades deste novo cenário que pretendeu-se estudar (a propriedade *Age* deve ser alterada para a que se pretende estudar, bem como o *Steady State*). As alterações podem ser verificadas na Figura 53.

Por fim, resta para os mesmos dias identificados nos casos anteriores (o de máximo consumo e o de mínimo consumo) retirar os gráficos que representam os consumos nas 4 tubagens seleccionas (P-1; P-23; P-40; P-69) ao longo do tempo, para o cenário Base-Age, c/ rede de incêndio-Age e Expunção Age.

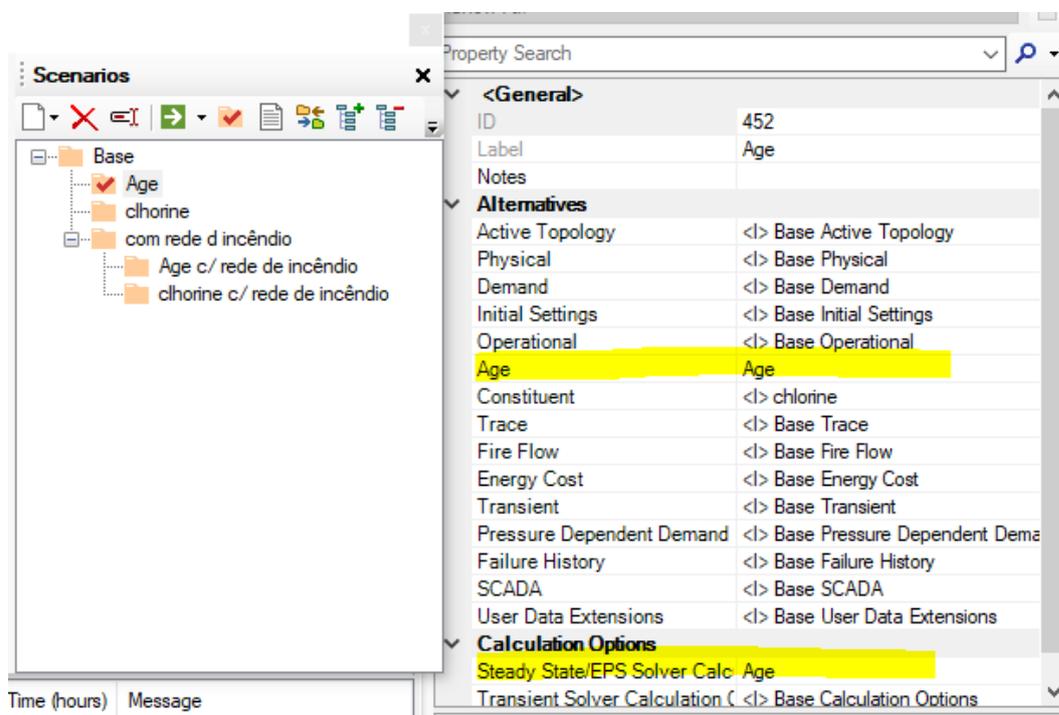


Figura 53 - Alteração das propriedades no cenário base para o cálculo da idade

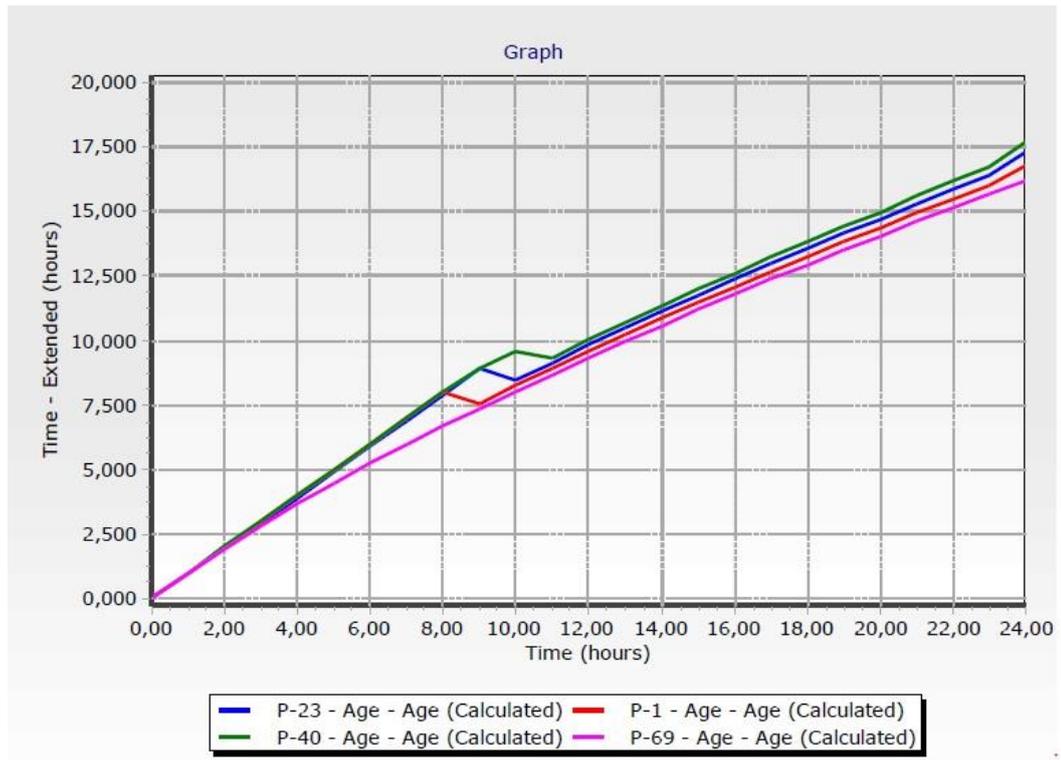


Gráfico 11 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário base

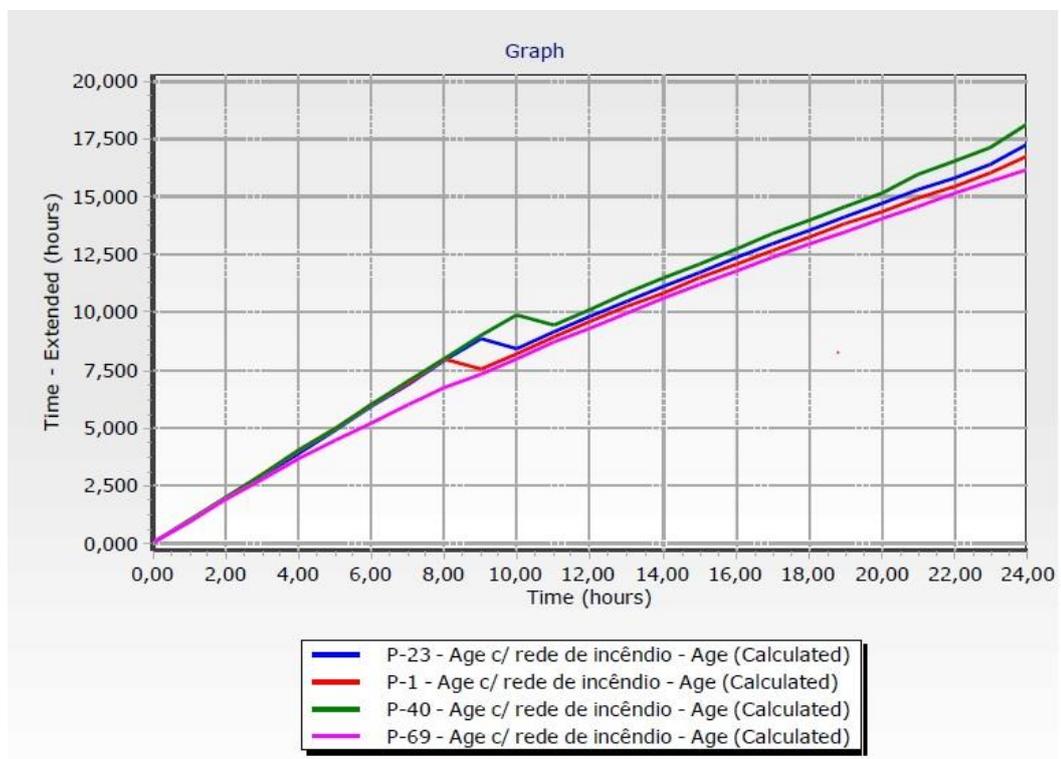


Gráfico 12 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio

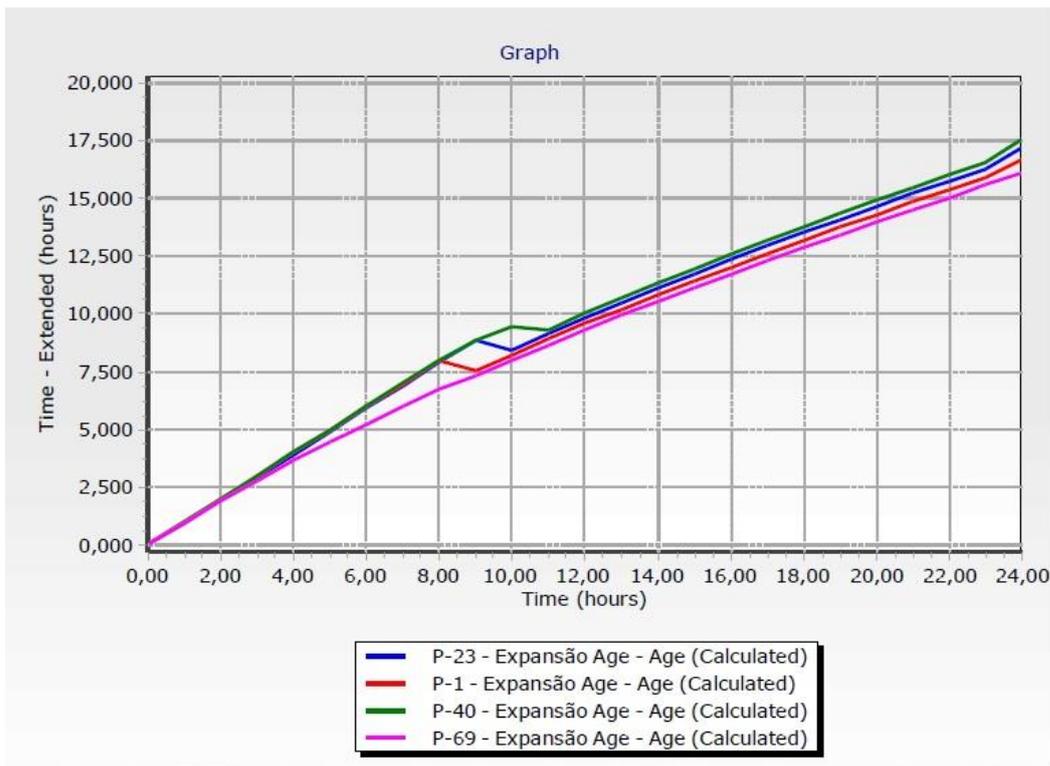


Gráfico 13 - Evolução da idade da água ao longo do dia de maior consumo no cenário com expansão da rede



Gráfico 14 - Tempo de retenção hidráulico ao longo do dia de menor consumo no cenário base

4.4.6 Discussão dos resultados

4.4.6.1 Velocidade da água

Nos gráficos apresentados é possível verificar-se uma diferença significativa nas velocidades dos diferentes cenários. Estas diferenças são explicadas pelas solicitações (que são quase nulas no dia de menor consumo, por apenas se considera o edifício da biblioteca em funcionamento), atingindo-se uma velocidade máxima de 0,13 m/s na conduta P-32 entre as 15h e as 18 horas. Verificam-se velocidades inferiores a esta nas restantes condutas que abastecem a biblioteca e velocidades igual a zero nas restantes (os dados podem ser consultados nas tabelas anexas (Anexo II).

No dia de maior consumo no cenário base atinge-se uma velocidade máxima nas tubagens P-6, P-7, P-8 e P-9 igual a 1,11 m/s, às 14 horas, verificando-se nas restantes horas do dia e nas restantes tubagens valores inferiores.

No caso do cenário da expansão da rede as velocidades apresentam um padrão semelhante ao do cenário base, contudo são ligeiramente superiores derivado dos consumos que se verificam superiores. No entanto mesmo para o caso de expansão as velocidades são, na sua generalidade, inferiores a 1 m/s, verificando-se que a velocidade máxima não ultrapassa a velocidade máxima do cenário base.

Sendo assim pode-se concluir, atendendo aos limites máximos de velocidade impostos pela regulamentação existente, que a rede poderia ter sido dimensionada de forma mais económica, apresentando diâmetros inferiores aos que foram projetados.

Relativamente a velocidade mínima para o caudal de ponta no ano zero, verifica-se que a velocidade em todas as tubagens é superior a 0,3 m/s, considerando como ano zero 2018 (cenário Base).

Por fim, conclui-se que apesar de não serem recomendadas velocidades próximas de zero, uma vez que poderão originar a acumulação de ar ou deterioração da qualidade da água, derivado dos padrões de consumo dos vários edifícios, mesmo para o dia de maior consumo, entre as 22 horas e as 8 horas, as velocidades são muito próximas de zero, motivo pelo qual deverão ser colocados órgãos de manobra na rede que permitam a eliminação do ar presente nas tubagem e a renovação da água, quando a sua qualidade o justifique.

4.4.6.2 Variação da pressão

Analisando os gráficos apresentados, verifica-se que a rede cumpre o primeiro requisito (pressão na conduta mais desfavorável é superior a 100 kPa). Por sua vez, a pressão máxima apresenta-se com valores inferiores a 410 kPa. Verifica-se ainda que as variações de pressões nos nós se encontram a baixo dos 300 kPa. Os dados referentes às pressões são expostos com mais pormenor nas tabelas anexas (Anexo III).

O estudo dos gráficos apresentados, assim como das tabelas anexas aos mesmo, permite aferir que a variação das pressões tem correspondência direta com os consumos. Quando se iniciam os consumos de forma mais efetiva (entre as oito da manhã e as 22 horas) verifica-se um decréscimo significativo nas pressões das condutas utilizadas para fazer chegar a água aos pontos de consumo. É ainda possível constatar, que quanto menor os diâmetros, mais a variação de pressões se faz sentir.

Na rede em causa as pressões mínimas na rede são atingidas por volta das 14 horas, associando-se ao facto de ser a esta hora que se verificam as maiores solicitações, atendendo aos padrões de consumo criados.

Constata-se ainda que para os mesmos diâmetros, quanto maiores são os consumos maiores são as variações de pressão (comparação entre o Gráfico 4 e o Gráfico 6).

4.4.6.3 Variação do caudal ao longo do dia

Os maiores caudais apresentam-se para às 14 horas, tal como é possível observar pelo Gráfico 7, onde na tubagem P-1 do cenário de expansão, uma das tubagens principais, o caudal é de aproximadamente 10 l/s (valor correspondente ao caudal total acumulado calculado para esse ponto). Pode concluir-se que para a maior parte do dia, atendendo aos caudais requeridos, a rede se encontra sobredimensionada, uma vez que os caudais são bastante inferiores aos caudais de cálculo.

É possível aferir que nas horas noturnas o caudal é muito próximo de zero, tal como seria esperado, uma vez que não se verificam consumos, à exceção da biblioteca.

Tratando-se este de um caso real, onde se iria proceder a leituras sistemáticas em pontos da rede, através dos mecanismos *SCADA Connect* do *Watergems*, poder-se-ia de forma simples comparar o gráfico apresentado com os gráficos obtidos através das medições na rede, aferindo-se assim sobre as perdas existentes na rede e as intervenções a serem efetuadas para o seu correto funcionamento.

4.4.6.4 Concentração de cloro

Partindo de um valor inicial de concentração de cloro de 2mg/L no tanque (T=0h) verifica-se que existe um decaimento nas tubagens ao longo do dia, sendo que à medida que as tubagens se encontram mais longe do reservatório, tal como esperado, apresentam valores de concentração menores devido ao decaimento do cloro, resultado das reações deste com as paredes das tubagens e com microrganismos/ substâncias presentes na rede.

Pelos gráficos, atendendo às tubagens selecionadas, pode-se aferir que nas horas iniciais, quanto maior o consumo, maior é a concentração de cloro nas tubagens. Este facto pode ser explicado pelo menor tempo que a água fica retida na rede o que leva a menos tempo para o cloro reagir com outras substâncias e por isso ver a sua concentração a diminuir. No entanto,

esta tendência é anulada ao longo do tempo, verificando-se que o decaimento de cloro no dia de menor consumo tende a estabilizar, enquanto que no dia de maior consumo tende a diminuir, o que pode significar que a o cloro adicionado no tanque não é suficiente para os níveis de água que aí entram com o fim de fazer frente aos consumos, quando estes são altos.

Conclui-se que para os mesmos diâmetros os padrões de decaimento variam com os consumos. É também possível aferir que a variação de diâmetros pouco influência o decaimento de cloro na rede, contudo para realçar esta ideia, criou-se um gráfico complementar no *Watergems* (Gráfico 15) onde se pretende verificar de forma mais clara como evolui a concentração de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário base e no cenário com rede de incêndio numa tubagem onde ocorreu a variação de diâmetro (mais concretamente a tubagem P-38, sendo o diâmetro alterado de 63mm para 90mm).

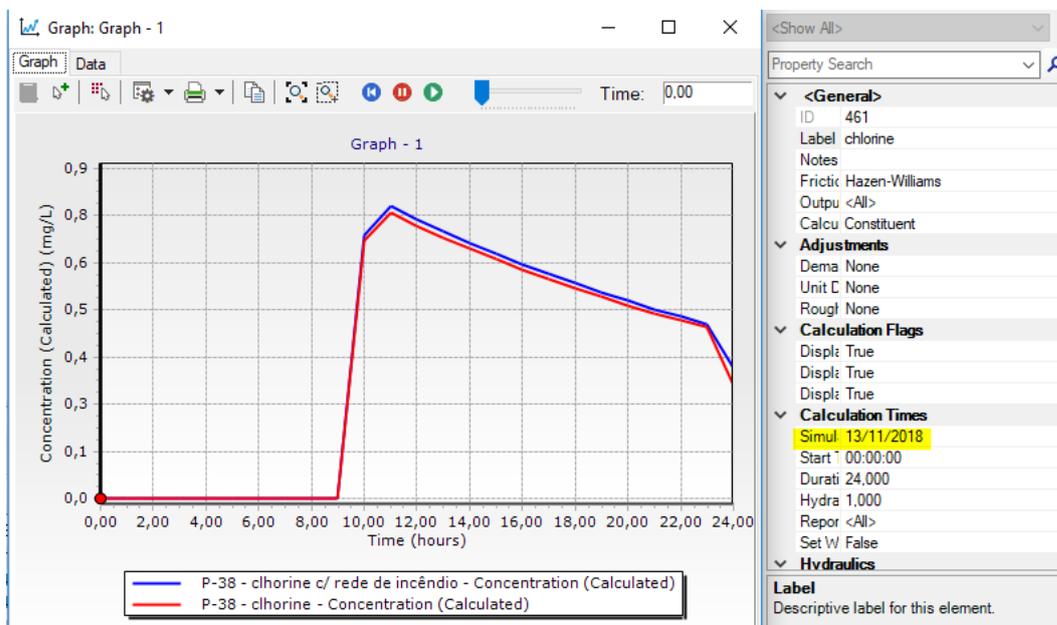


Gráfico 15 - Concentração de cloro ao longo do dia de maior consumo para os dois cenários na tubagem P-38

O fator que mais influencia a concentração de cloro, é por isso o consumo, verificando-se que nos dias de maior consumo as concentrações são superiores, fator que pode ser explicado pelo menor tempo que a água passa nas condutas/tanque até chegar à torneira do consumidor, existindo desta forma menos tempo para o cloro reagir com os elementos/substâncias da rede.

4.4.6.5 Tempo de retenção hidráulico

Para o dia de menor consumo as solicitações são muito próximas de zero, uma vez que apenas a biblioteca apresenta solicitações e muito baixas. Este facto leva a que a água atinga idades proporcionais às horas ao longo do dia, nas tubagens que se encontram mais afastadas do tanque. Tal pode ser verificado no Gráfico 14 e nas tabelas anexas (Anexo V).

Pela análise dos elementos obtidos no *software* utilizado é possível concluir que o tempo de retenção hidráulico tem uma correspondência direta com os consumos, ou seja quanto maior os consumos menores são os tempos de retenção.

É possível constatar que mesmo para os dias de máximo consumo, a tubagem P41 apresenta tempos de retenção hidráulico proporcionais às horas do dia. Esta tubagem serve para alimentar um hidrante para combate a incêndio, não se verificando numa situação normal a sua utilização para fazer chegar água a um ponto de consumo. Desta forma é um local da nossa rede que merece especial atenção, uma vez que pela simulação se demonstra que a água na tubagem não se renova com a devida frequência, o que pode proporcionar problemas de qualidade da água.

As diferenças na idade da água entre o dia de maior e menor consumo, atendendo às tubagens selecionadas, é máxima para a tubagem P45 no cenário de expansão, havendo uma diferença de aproximadamente 7 horas.

É possível ainda constatar que o tempo de retenção hidráulico é sensivelmente o mesmo para o cenário base e para o cenário com expansão, verificando-se assim que os novos consumos geram pouca influência neste critério de análise.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

O setor ainda apresenta grandes oportunidades de melhoria, uma vez que se verifica um défice de manutenção pró-ativa do património construído, não sendo assim possível garantir atempadamente a fiabilidade e continuidade do serviço prestado, uma vez que a grande maioria das condutas de abastecimento de água já apresentam o seu tempo de vida útil ultrapassado.

Ao longo dos anos, muitos foram os avanços sofridos no setor. O cálculo das redes de abastecimento de água, e a sua representação gráfica sofreram melhorias significativas associadas aos avanços tecnológicos. No entanto, derivado do elevado grau de infraestruturização do país é necessário cuidar deste património, sendo preferível valorizar o que já se encontra construído em vez de se realizar nova construção. Evidencia-se desta forma a necessidade de se verificar em cada reabilitação a oportunidade de se melhorar a qualidade da rede existente, sendo necessária a adoção de novas ferramentas que contribuam para a tomada de decisão eficiente.

Tendo-se identificado o défice de informação na fase de gestão das infraestruturas potenciado pela falta de comunicação entre fases consecutivas do ciclo de vida destas obras, as metodologias BIM, são utilizadas nesta dissertação como forma de resposta às novas necessidades do setor, uma vez que permitem realizar a troca de informação eficiente entre os diversos *software* (cálculo, representação e gestão) que até então ficava confinada a cada um dos *software* utilizados para as diversas tarefas.

Com o caso de estudo apresentando, conseguiu-se comprovar que é possível realizar-se a gestão integrada de todas as fases do ciclo de vida das infraestruturas. Obteve-se a passagem de informação de forma eficiente entre os modelos computacionais utilizados, garantindo-se que cada modelo possui a informação relevante para as tarefas do ciclo de vida da infraestrutura que lhe estão associadas. Comprovou-se assim a interoperabilidade entre os

software utilizados, o que evidencia as mais-valias da utilização do BIM no ciclo de vida das infraestruturas hidráulicas, uma vez que garante que numa mesma plataforma se consiga calcular, representar, e gerir toda a infraestrutura.

Os programas funcionam, tal como foi demonstrado, de forma cíclica com a passagem da informação necessária e relevante para a interoperabilidade entre eles. Ou seja, o *Watergems* funciona como uma ferramenta para o cálculo hidráulico, que por sua vez fornece ao *Revit* a informação necessária para criar a rede nesta plataforma, sendo que aqui se fazem as análises de compatibilidade entre as diversas especialidades que existem no subsolo, podendo ou não resultar alterações na rede hidráulica. Se se verificar a alteração do traçado na rede hidráulica posteriormente existe a importação desta informação para o *Watergems*, gerando-se assim um processo cíclico até se atingir a conformidade de todos as especialidades

No fundo, os *software* aqui apresentados para o desenvolvimento do caso de estudo são correntes na engenharia, contudo, na área da hidráulica havia um défice no que concerne à sua interação. Atendendo a este facto, uma vez que metodologias com *software* semelhantes (ou alguns destes) já são bastante dinamizadas noutras áreas, pretendeu-se criar uma métrica de troca de informação que seja capaz de abranger todas as fases do ciclo de vida das infraestruturas hidráulicas. Nesta métrica pretende-se que cada *software* deixe de funcionar de forma independente, ou seja, apesar de terem capacidades individuais em cada uma das fases do ciclo de vida para as quais foram desenvolvidos, convergem para um resultado único de eficiência na conceção e gestão, neste caso o Modelo BIM.

As metodologias de trabalho BIM, utilizadas no presente caso de estudo, garantem a eficiência dos sistemas de abastecimento, uma vez que permitem de forma mais rápida que as metodologias de trabalho tradicionais realizar atualizações ao projeto, garantindo a diminuição de perdas de informação e que a informação se encontre reunida numa mesma plataforma de fácil acesso e consulta, o que não se verificava até então, garantindo maior eficiência do trabalho realizado

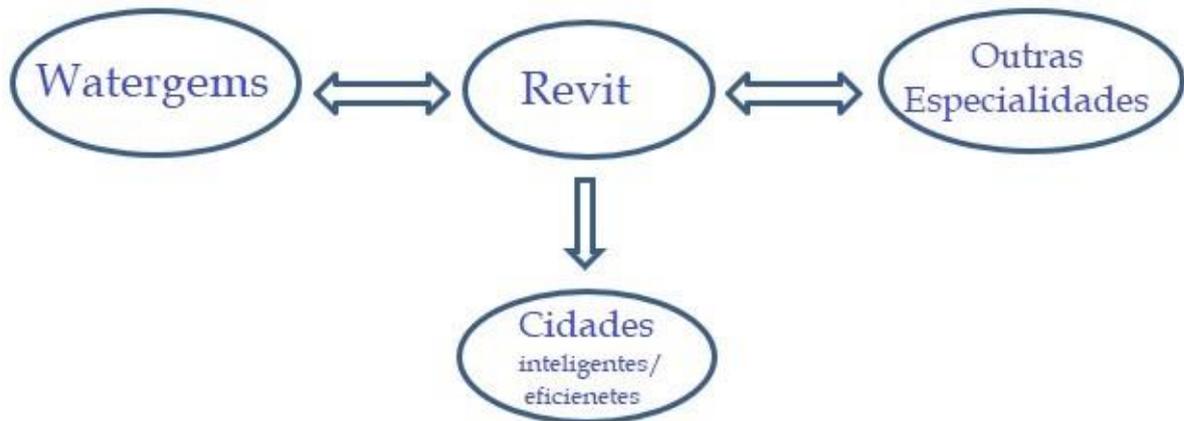


Figura 54 - Interoperabilidade entre programas/especialidades

No entanto, apesar de se ter conseguido comprovar a eficiência na troca de informação entre os diversos *software*, prevê-se que o presente método aplicado a um caso real poderia convergir em melhores resultados. Quando aplicado em contexto real, as singularidades do traçado, cálculo e gestão serão evidenciadas de forma mais notória, uma vez que a complexidade da rede aumentará significativamente. Prevê-se que a fase de gestão será aquela onde a utilização desta metodologia apresentará resultados visivelmente mais satisfatórios comparativamente com caso de estudo, derivado da qualidade e variabilidade de informação possível de ser recebida pelas entidades gestoras. Destaca-se ainda que nesta fase, tal como já foi descrito, é possível a interação com outras especialidades. Por exemplo no caso de uma plataforma de gestão onde se tenha uma cidade modelada com todas as suas especialidades, onde existam dados sobre o dia-a-dia das populações, consegue-se aferir sobre a forma como uma dada intervenção na rede para manutenção irá afetar essa população por interrupção do tráfego, do abastecimento de água, etc., podendo ajustar-se as intervenções de forma a causar o mínimo impacto.

Estando-se cada vez mais perto do que se denomina de cidades sustentáveis, espera-se desta forma contribuir para a criação de projetos eficientes, de onde se consiga tirar o maior proveito dos recursos disponíveis.

Os desenvolvimentos propostos nesta dissertação são um contributo para o ganho de eficiência do setor, perspetivando-se uma melhor gestão dos recursos, que contribuirão para que o setor se possa tornar competitivo. No entanto antecipam-se muitas necessidades de melhoria da metodologia apresentada, tais como:

- Necessidade se efetuar a simulação de cálculo hidráulico de um caso real, de forma a explorar todas as potencialidades do *software* de cálculo hidráulico, situação que não foi possível de ser efetuada na presente dissertação por ausência de dados reais de pontos de medição e controle, por exemplo para o caso do estudo de decaimento de cloro da rede, tendo-se utilizado valores empíricos para os estudos apresentados;
- Necessidade de uma melhor e maior exploração das capacidades do *Dynamo* para importar a rede para o *Revit*. Destaca-se que no presente trabalho apenas se realizou a exportação das condutas para o *Revit*, não se tendo exportados os nós, que neste caso corresponderiam às uniões entre as condutas, assim como os restantes elementos da rede, como válvulas, hidrantes, reservatórios, etc.;
- Identificação de uma forma mais eficaz de exportar do *software* de gestão para o *software* de cálculo hidráulico, da informação referente a novos traçados. No caso de estudo exportou-se a rede do *Revit* para o formato DXF, e recorrendo-se ao *AutoCAD* apagou-se a informação referente à rede que já tinha sido dimensionada. No entanto num caso real onde as redes apresentam uma complexidade muito superior à apresentada no caso de estudo este método poderá tornar-se ineficiente, convergindo para erros;
- Destaca-se ainda que na metodologia utilizada são utilizados *software* que apenas servem para converter os ficheiros que são transmitidos entre os diversos *software*. Julga-se que futuramente poderão ser explorados, dentro da mesma metodologia outras metodologias que permitam a passagem direta de informação, procurando-se diminuir possíveis erros e tornar a metodologia mais rápida e fácil de ser utilizada. Ainda dentro desta lógica salienta-se a necessidade de se evoluir para uma *software* que permita a utilização de muitas destas tarefas de forma automática;
- Atendendo às capacidades de interoperabilidade entre especialidades, propõem-se que se desenvolva a modelação de outras especialidades, como por exemplo a rede de drenagem, gás, eletricidade, etc. de forma a realizar-se de forma realista a gestão integrada das infraestruturas, tirando-se conclusões sobre a eficiência na compatibilização das diferentes especialidades com a utilização do BIM;

O trabalho realizado não teve como objetivo o nível de informação presente no modelo BIM (Nível de Detalhe ou o Nível de Desenvolvimento), sendo esta uma característica de extrema

importância nos modelos BIM, que garantem que todos os intervenientes no processo saibam com elevado nível de fiabilidade a qualidade/quantidade de informação do modelo. Sugere-se assim que este seja um aspeto a ter em consideração em futuros trabalhos, com a possibilidade de criação de métricas próprias que se adaptem ao setor e às suas necessidades.

Referencias Bibliográficas

- AEP. "Setor Portugês Da Água." 20.
- Agostinho, Miguel Alves. 2017. "Associação Portuguesa de Facility Management." Retrieved June 28, 2018 (<http://apfm.pt/transformacao-digital-nos-espacos-trabalho/>).
- Alegre, Helena, Sérgio T. Coelho, and João P. Leitão. 2012. "Gestão Patrimonial de Infra-Estruturas Em Sistemas Urbanos de Água."
- Alegre, Helena and Dídía Covas. 2010. "Gestão Patrimonial de Infra-Estruturas de Abastecimento de Água. Uma Abordagem Centrada Na Reabilitação." *Série Guias Técnicos Nº 16*.
- Alves, Ana Patrícia da Costa. 2008. "Sistemas Integrados de Manutenção : Processo SIM." Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Alves, Celestino Maio Fradique et al. 2012. "O Que São Os BIM ?"
- Alves, Gilvan. 2018. "Passado e o Presente : A História e Evolução Dos Robôs." Retrieved September 20, 2018 (<https://www.dicasecuriosidades.net/2018/05/passado-e-o-presente-a-historia-e-evolucao-dos-robos.html>).
- Ambiente, Agência Portuguesa do. "Agencia Portuguesa Do Ambinete." *A Estratégia Nacional de Adaptação Às Alterações Climáticas 2020*. Retrieved May 16, 2018 (<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=955>).
- Autodesk. 2018. "Autodesk Company." Retrieved November 7, 2018 (<https://www.autodesk.es/company>).
- Bian, Lingtao. 2016. "Development Trend of Water Supply and Drainage Engineering Based on Life Cycle Assessment and Building Information Model." Pp. 287–91 in *2016 4th International Conference on Advances in Social Science, Humanities, and Management (ASSHM 2016)*.
- Brandão, Rogério de Almeida e Emerson de Andrade Marques Ferreira. 2015. "Aplicação Do BIM No Estudo de Infraestrutura Viária e de Terraplanagem." *Nucleic Acids Research* 34(11):e77–e77.
- CURT. Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation (WP-1202): The Construction Users Roundtable. 2004
- Eriksson, Gustav. 2014. "BIM in Facility Management." Chalmers University of Technology.

- ERSAR. 2017. *Relatório Anual Dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal*.
- Frade, José Veiga et al. 2015a. *PENSAAR 2020- VOLUME 1*. Vol. 1.
- Frade, José Veiga et al. 2015b. *PENSAAR 2020 - VOLUME 2*. Vol. 2.
- Hidromod. *Gestão de Informação Em Tempo Real*.
- KRUTZ, Ronald L. 2006. *Securing SCADA Systems*.
- LFM. 2016. "A Evolução Do Homem Explicada Com Piada." Retrieved September 20, 2018 (<http://ultraperiferias2.blogspot.com/2016/02/a-evolucao-do-homem-explicada-com-piada.html>).
- Li, Enjie, Joanna Endter-Wada, and Shujuan LI. 2015. "Characterizing and Contextualizing the Water Challenges of Megacities." *Journal of the American Water Resources Association* 51(3):589–613.
- ONU. 2014. "World Urbanisation Prospects." 26. Retrieved October 7, 2018 (<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>).
- Pato, João Howell. 2011. *História Das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Águas Em Portugal*. (ERSAR), E. Lisboa.
- ptbim. 2018. "2º Congresso Português de Building Information Modelling." in Vol. 1, edited by A. A. Costa and M. Azenha.
- Rafael Sacks, Chuck Eastman, Ghang Lee, Paul Teicholz. 2018. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers*. Third Edit.
- Ristimäki, Miro. 2014. "Improving Life Cycle Management by Employing BIM in Real Estate Management – Case Study." P. 13 in *ResearchGate*.
- Shao, Chengsheng. 2017. "Study on Application of BIM Technology in Water Supply and Drainage Design of Construction Engineering." Pp. 113–17 in. China.
- Silva, Pedro Mota Cardoso Neves da. 2016. "Aplicação Do BIM à Gestão de Infraestruturas de Abastecimento de Água." Universidade de Aveiro.
- Silva, Vitor Córias e Iolanda Soares. 2003. "A Revisão Dos Projectos Como Forma de Reduzir Os Custos Da Construção e Os Encargos Da Manutenção de Edifícios." 1347–54.
- Soares, Joel Duarte Rodrigues Teixeira. 2013. "A Metodologia BIM-FM Aplicada a Um Caso Prático." Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Spellman, Frank R. 2014. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Third Edit.
- Tender, Manuel et al. 2018. "O BIM 3D,4D E 5D Como Ferramenta de Gestão e Prevenção Num Estaleiro de Construção."

- Vidigal, Pedro Miguel. 2008. “Análise Alargada de Parâmetros Técnico-Hidráulicos e Avaliação de Desempenho de Sistemas de Distribuição de Água.” Instituto Superior Técnico.
- Vieira, José Manuel Pereira. 2003. *Gestão Da Água Em Portugal. Os Desafios Do Plano Nacional Da Água*. Braga.
- Vieira, José Manuel Pereira. 2018. *Água e Saúde Pública*. 1st ed. edited by L. Edições Sílabo.
- Vinagre, Vitor HUGo Gomes Costa Tavares. 2007. “Vitor Hugo Gomes Costa Tavares Vinagre Gestão de Projectos Em Obras de Saneamento de Grande Dimensão: Fase de Concepção.” Universidade do Minho
- Winberg, Andreas and Erik Dahlqvist. 2010. “BIM - the Next Step in the Construction of Civil Structures.”

ANEXOS

ANEXO I

Caudais acumulados por edifício

edifício 1					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	12	0,1	0,714	0,019
	lavatório	16	0,1		
	bidé	1	0,1		
	urinois	6	0,15		
	bar	4	0,15		
zona 2	sanitas	14	0,1	0,661	0,019
	lavatório	12	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	4	0,15		
	bar	4	0,15		

edifício 5					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
	sanitas	2	0,1	0,275	0,012
	lavatório	2	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	1	0,15		

edifício 11					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	8	0,1	0,544	0,018
	lavatório	10	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	5	0,15		
	bar				
zona 2	sanitas	42	0,1	1,062	0,025
	lavatório	39	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	15	0,15		

edificio 2					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	14	0,1	0,647	0,019
	lavatório	10	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	8	0,15		
zona 2	sanitas	12	0,1	0,614	0,019
	lavatório	10	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	7	0,15		

edificio 6					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	3	0,1	0,291	0,013
	lavatório	2	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	1	0,15		

edificio 12					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	11	0,1	0,605	0,019
	lavatório	12	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	6	0,15		
zona 2	sanitas	4	0,1	0,367	0,014
	lavatório	4	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	2	0,15		

edificio 3					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	15	0,1	0,628	0,019
	lavatório	13	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	5	0,15		
zona 2	sanitas	4	0,1	0,367	0,014
	lavatório	4	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	2	0,15		

edificio 7					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	9	0,1	0,522	0,017
	lavatório	11	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	3	0,15		

edificio 13					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diametro(m)
zona 1	sanitas	17	0,1	0,739	0,020
	lavatório	20	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	8	0,15		

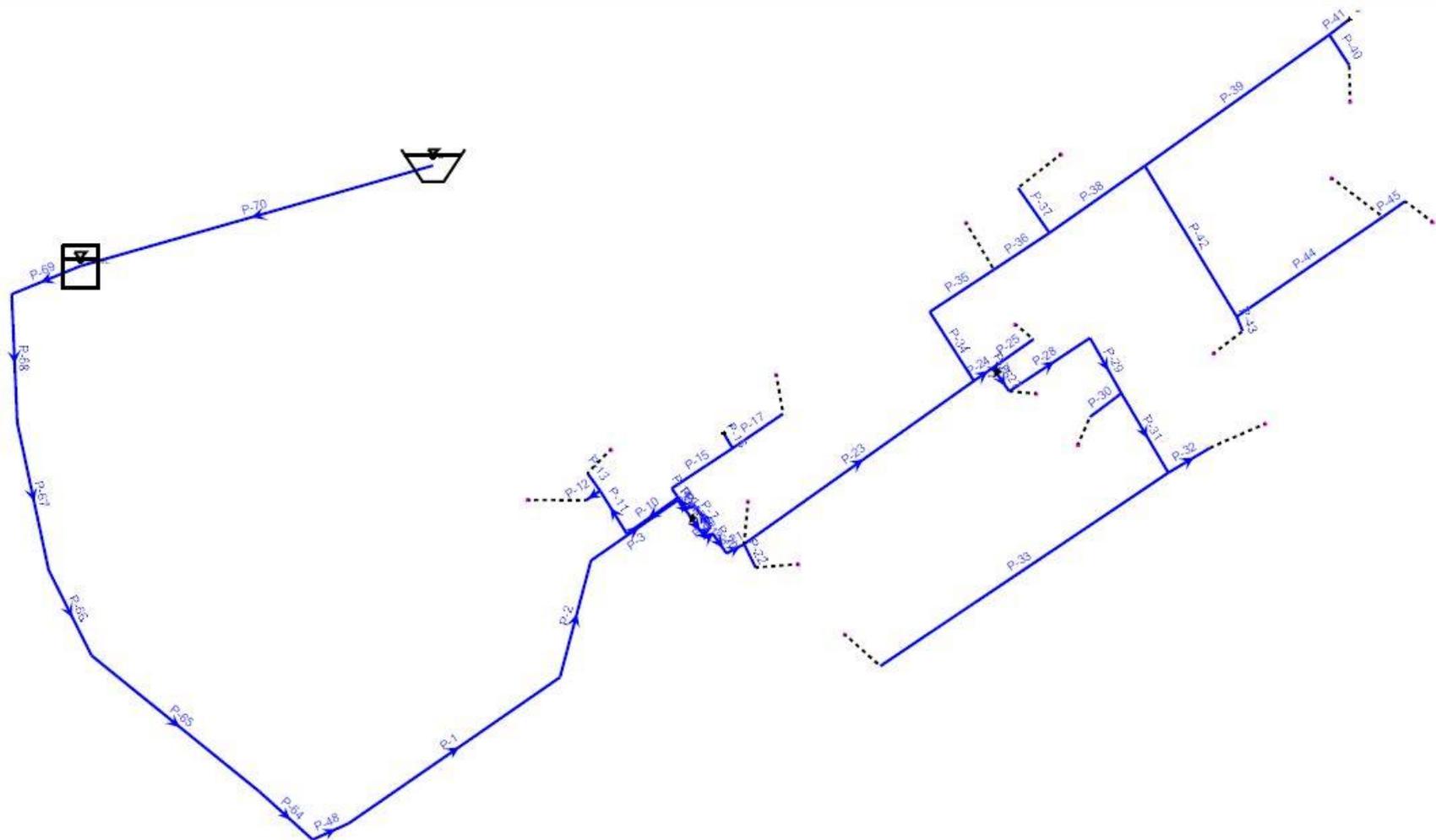
edificio 4					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diâmetro(m)
zona 1	sanitas	8	0,1	0,789	0,021
	lavatório	8	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	7	0,15		
	bar	3	0,35		
zona 2	sanitas	6	0,1	0,626	0,019
	lavatório	8	0,1		
	bidé	0	0,1		
	urinois	7	0,15		
	bar	1	0,35		

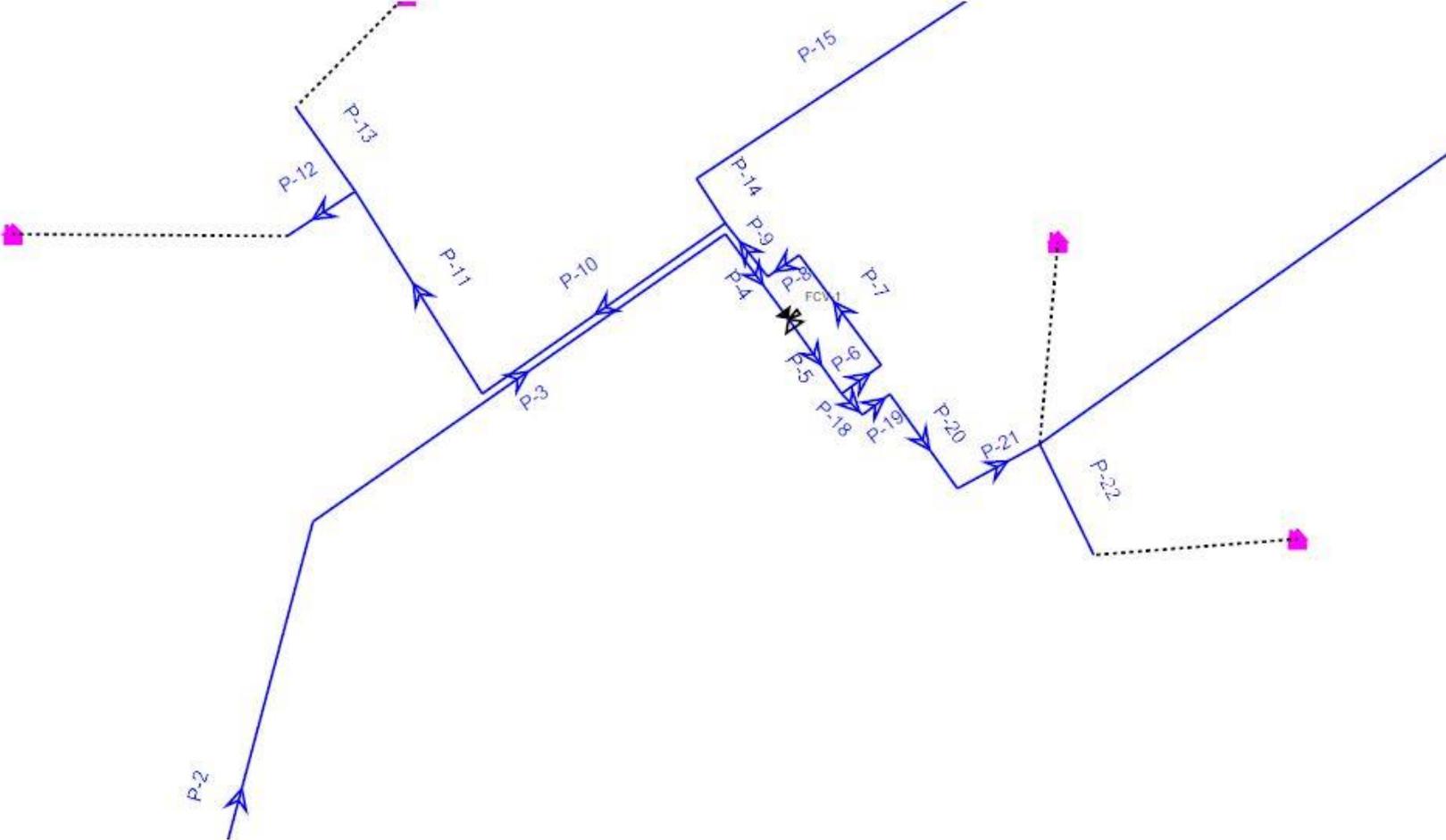
edificio 9					
	equipamentos	quantidade	consumo R. (l/s)	consumo total (l/s)	diâmetro(m)
zona 1	sanitas	25	0,1	0,789	0,021
	lavatório	26	0,1		
	bidé		0,1		
	urinois	5	0,15		
	bar				

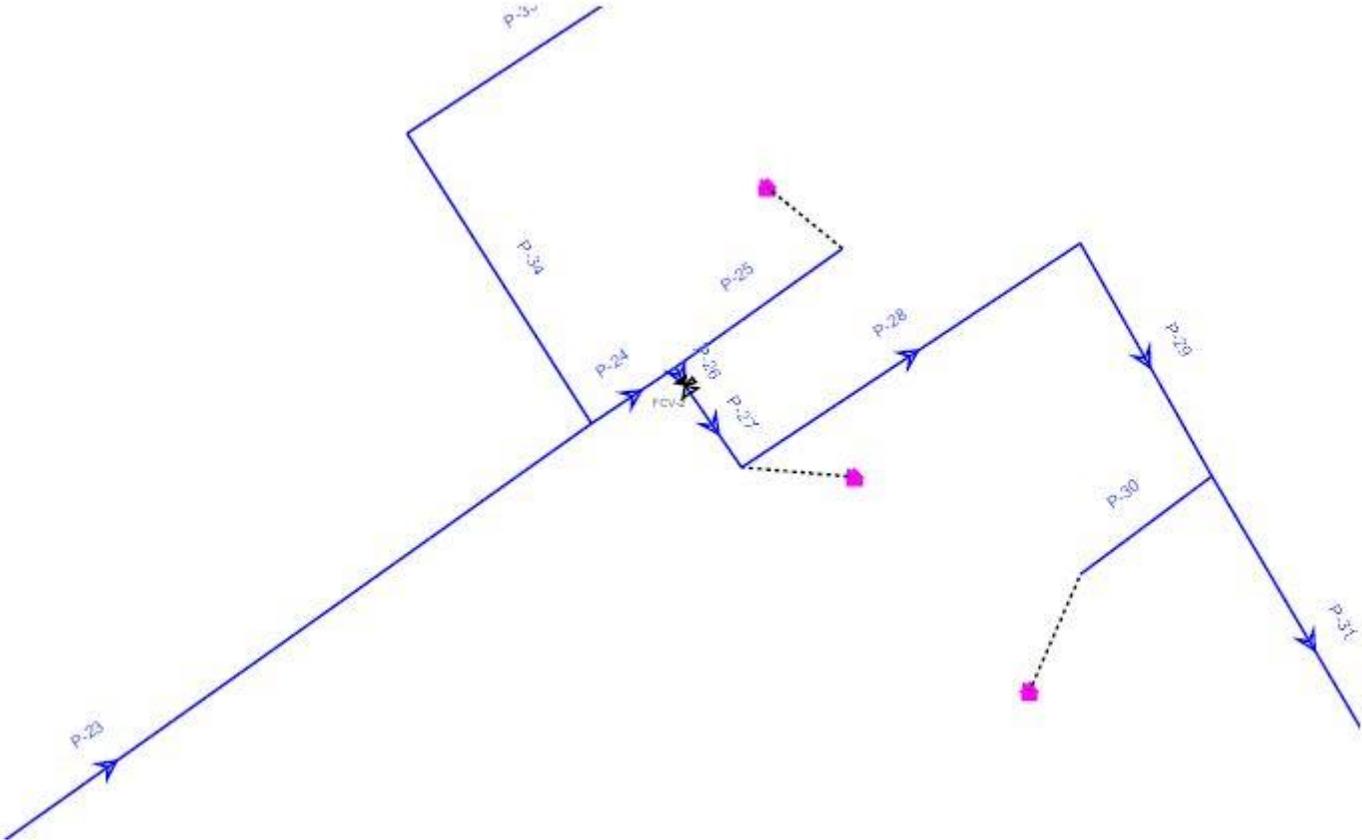
Caudais acumulados em cada tubagem

TROÇO	CAUDAL (l/s)	DIAMETRO (mm)	DIAMETRO (m)
P1	10,44	0,115	115
P2	10,44	0,115	115
P3	10,44	0,115	115
P4	10,44	0,115	115
P5	10,44	0,115	115
P6	2,18	0,053	53
P7	2,18	0,053	53
P8	2,18	0,053	53
P9	2,18	0,053	53
P10	1,89	0,049	49
P11	1,89	0,049	49
P12	1,62	0,045	45
P13	0,28	0,019	19
P14	0,29	0,019	19
P15	0,29	0,019	19
P16			
P17	0,29	0,019	19
P18	8,26	0,103	103
P19	8,26	0,103	103
P20	8,26	0,103	103
P21	8,26	0,103	103
P22	0,65	0,029	29
P23	6,98	0,094	94
P24	3,09	0,063	63
P25	0,37	0,022	22
P26	2,73	0,059	59
P27	2,73	0,059	59
P28	2,11	0,052	52
P29	2,11	0,052	52
P30	0,66	0,029	29
P31	1,45	0,043	43
P32	0,74	0,031	31
P33	0,71	0,030	30
P34	3,89	0,070	70
P35	3,89	0,070	70
P36	3,37	0,065	65
P37	0,79	0,032	32
P38	2,58	0,057	57
P39	0,54	0,026	26
P40	0,54	0,026	26
P41			
P42	2,03	0,051	51
P43	0,60	0,028	28
P44	1,43	0,043	43
P45	0,37	0,022	22

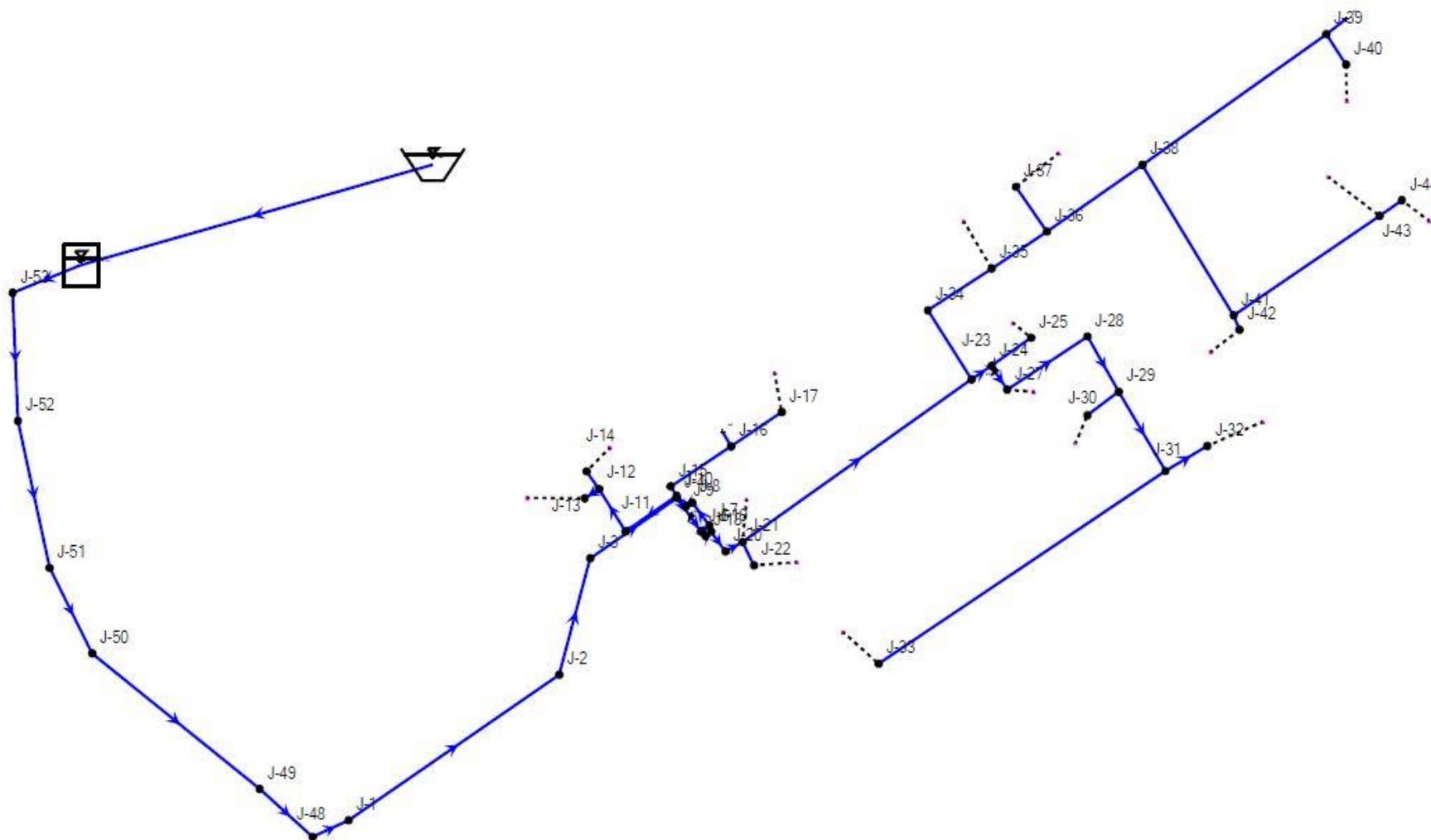
Identificação das tubagens da rede

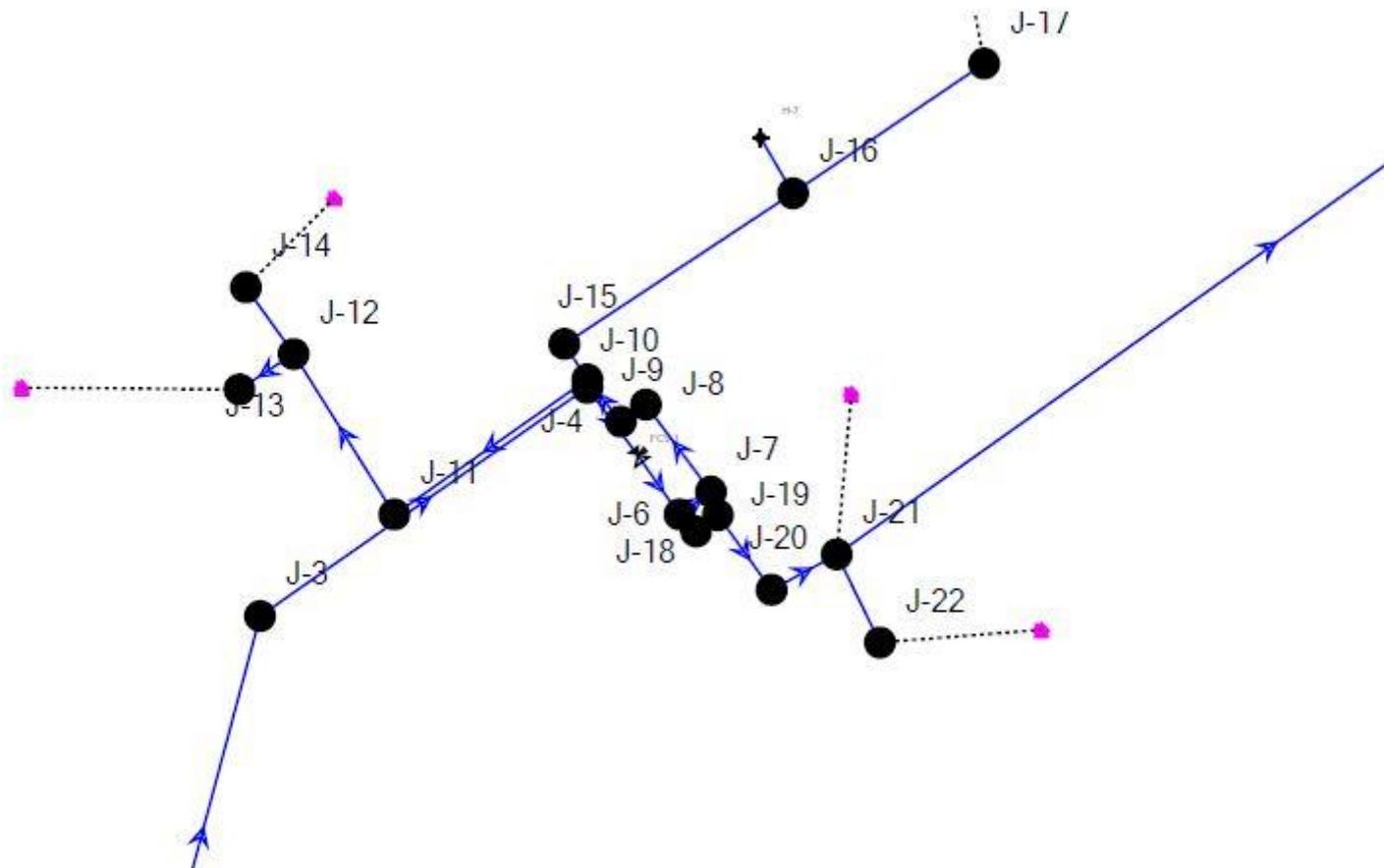






Identificação dos nós da rede





Códigos Utilizados no Dynamo

Comparação de valores entre as duas listas

```
Python Script
1 import clr
2 clr.AddReference('ProtoGeometry')
3 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
4
5 clr.AddReference('DSCoreNodes')
6 import DSCore
7 from DSCore import *
8
9 Nodes = List.Flatten(IN[0],1)
10 Pipe = IN[1]
11
12 Lista = [[] for i in range(0,len(Pipe))]
13
14 for i in range(0,len(Nodes)):
15     for j in range(0,len(Pipe)):
16         if Nodes[i]==Pipe[j][0] or Nodes[i]==Pipe[j][1]:
17             Lista[j].append("True")
18         if Nodes[i]!=Pipe[j][0] and Nodes[i]!=Pipe[j][1]:
19             Lista[j].append("False")
20
21 OUT = Lista

Run Save Changes Revert
```

Criação da nova lista

```
Python Script
1 import clr
2 clr.AddReference('ProtoGeometry')
3 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
4
5 clr.AddReference('DSCoreNodes')
6 import DSCore
7 from DSCore import *
8
9 BoolList = IN[0]
10 NodeList = IN[1]
11 Pipes = IN[2]
12
13 NewList = [[[] for j in range(0,3)] for j in range(0,1)] for j in range
(0,len(BoolList))
14
15 for i in range(0,len(BoolList)):
16     for j in range(0,len(BoolList[i])):
17         if BoolList[i][j]=="True":
18             NewList[i][0][0].append(NodeList[j][1])
19             NewList[i][0][1].append(NodeList[j][2])
20             NewList[i][0][2].append(NodeList[j][3])
21
22 OUT = List.Flatten(NewList,1)

Run Save Changes Revert
```

ANEXO II

Velocidade nas tubagens para o dia de maior consumo no cenário base

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - Age - Velocity (m/s)	P-31 - Age - Velocity (m/s)	P-30 - Age - Velocity (m/s)	P-3 - Age - Velocity (m/s)	P-29 - Age - Velocity (m/s)
0,00	0,18	0,08	0,00	0,04	0,05
0,04	0,18	0,08	0,00	0,04	0,05
1,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
2,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
3,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
4,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
5,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
6,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
7,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05
8,00	0,18	0,26	0,41	0,26	0,27
9,00	0,18	0,33	0,58	0,40	0,36
10,00	0,64	0,55	0,66	0,48	0,52
11,00	0,64	0,55	0,66	0,48	0,52
12,00	0,64	0,55	0,66	0,48	0,52
13,00	0,64	0,55	0,66	0,57	0,52
14,00	0,84	0,71	0,82	0,68	0,66
15,00	0,92	0,74	0,82	0,63	0,68
16,00	0,92	0,63	0,58	0,48	0,55
17,00	0,92	0,63	0,58	0,48	0,55
18,00	0,92	0,63	0,58	0,48	0,55
19,00	0,64	0,52	0,58	0,47	0,47
20,00	0,64	0,41	0,33	0,37	0,34
21,00	0,64	0,41	0,33	0,37	0,34
22,00	0,64	0,41	0,33	0,33	0,34
23,00	0,18	0,08	0,00	0,08	0,05
24,00	0,18	0,08	0,00	0,01	0,05

P-27 - Age - Velocity (m/s)	P-26 - Age - Velocity (m/s)	P-25 - Age - Velocity (m/s)	P-24 - Age - Velocity (m/s)	P-23 - Age - Velocity (m/s)	P-22 - Age - Velocity (m/s)
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,37	0,37	0,37	0,43	0,24	0,40
0,49	0,49	0,52	0,58	0,33	0,56
0,68	0,68	0,60	0,77	0,41	0,64
0,68	0,68	0,60	0,77	0,41	0,64
0,68	0,68	0,60	0,77	0,41	0,64
0,85	0,85	0,75	0,97	0,51	0,80
0,88	0,88	0,75	0,99	0,52	0,80
0,68	0,68	0,52	0,77	0,39	0,56
0,68	0,68	0,52	0,77	0,39	0,56

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - Age - Velocity (m/s)	P-26 - Age - Velocity (m/s)	P-25 - Age - Velocity (m/s)	P-24 - Age - Velocity (m/s)	P-23 - Age - Velocity (m/s)	P-22 - Age - Velocity (m/s)
0,68	0,68	0,52	0,77	0,39	0,56
0,61	0,61	0,52	0,70	0,36	0,56
0,42	0,42	0,30	0,47	0,23	0,32
0,42	0,42	0,30	0,47	0,23	0,32
0,42	0,42	0,30	0,47	0,23	0,32
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,00
P-21 - Age - Velocity (m/s)	P-20 - Age - Velocity (m/s)	P-2 - Age - Velocity (m/s)	P-19 - Age - Velocity (m/s)	P-18 - Age - Velocity (m/s)	P-17 - Age - Velocity (m/s)
0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,30	0,30	0,26	0,30	0,30	0,30
0,42	0,42	0,40	0,42	0,42	0,41
0,52	0,52	0,48	0,52	0,52	0,47
0,52	0,52	0,48	0,52	0,52	0,47
0,52	0,52	0,48	0,52	0,52	0,47
0,52	0,52	0,57	0,52	0,52	0,47
0,65	0,65	0,68	0,65	0,65	0,59
0,66	0,66	0,63	0,66	0,66	0,59
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,41
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,41
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,41
0,46	0,46	0,47	0,46	0,46	0,41
0,29	0,29	0,37	0,29	0,29	0,24
0,29	0,29	0,37	0,29	0,29	0,24
0,29	0,29	0,33	0,29	0,29	0,24
0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
P-15 - Age - Velocity (m/s)	P-14 - Age - Velocity (m/s)	P-13 - Age - Velocity (m/s)	P-12 - Age - Velocity (m/s)	P-11 - Age - Velocity (m/s)	P-10 - Age - Velocity (m/s)
0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17
0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

versão 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 2 of 6

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - Age - Velocity (m/s)	P-14 - Age - Velocity (m/s)	P-13 - Age - Velocity (m/s)	P-12 - Age - Velocity (m/s)	P-11 - Age - Velocity (m/s)	P-10 - Age - Velocity (m/s)
0,30	0,30	0,28	0,00	0,07	0,07
0,41	0,41	0,39	0,25	0,35	0,35
0,47	0,47	0,45	0,25	0,36	0,36
0,47	0,47	0,45	0,25	0,36	0,36
0,47	0,47	0,45	0,25	0,36	0,36
0,47	0,47	0,45	0,82	0,94	0,94
0,59	0,59	0,56	0,82	0,96	0,96
0,59	0,59	0,56	0,49	0,63	0,63
0,41	0,41	0,39	0,49	0,59	0,59
0,41	0,41	0,39	0,49	0,59	0,59
0,41	0,41	0,39	0,49	0,59	0,59
0,41	0,41	0,39	0,49	0,59	0,59
0,24	0,24	0,22	0,82	0,88	0,88
0,24	0,24	0,22	0,82	0,88	0,88
0,24	0,24	0,22	0,54	0,59	0,59
0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	0,41
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-1 - Age - Velocity (m/s)	P-35 - Age - Velocity (m/s)	P-48 - Age - Velocity (m/s)	P-5 - Age - Velocity (m/s)	P-69 - Age - Velocity (m/s)	P-68 - Age - Velocity (m/s)
0,04	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
0,04	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,26	0,21	0,26	0,26	0,26	0,26
0,40	0,29	0,40	0,40	0,40	0,40
0,48	0,34	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,34	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,34	0,48	0,48	0,48	0,48
0,57	0,34	0,57	0,57	0,57	0,57
0,68	0,42	0,68	0,68	0,68	0,68
0,63	0,42	0,63	0,63	0,63	0,63
0,48	0,29	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,29	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,29	0,48	0,48	0,48	0,48
0,47	0,29	0,47	0,47	0,47	0,47
0,37	0,17	0,37	0,37	0,37	0,37
0,37	0,17	0,37	0,37	0,37	0,37
0,33	0,17	0,33	0,33	0,33	0,33
0,08	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-67 - Age - Velocity (m/s)	P-66 - Age - Velocity (m/s)	P-8 - Age - Velocity (m/s)	P-65 - Age - Velocity (m/s)	P-6 - Age - Velocity (m/s)	P-64 - Age - Velocity (m/s)
0,04	0,04	0,17	0,04	0,17	0,04
0,04	0,04	0,17	0,04	0,17	0,04
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
0,26	0,26	0,14	0,26	0,14	0,26
0,40	0,40	0,45	0,40	0,45	0,40
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,57	0,57	1,05	0,57	1,05	0,57
0,68	0,68	1,11	0,68	1,11	0,68
0,63	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63
0,48	0,48	0,70	0,48	0,70	0,48
0,48	0,48	0,70	0,48	0,70	0,48
0,48	0,48	0,70	0,48	0,70	0,48
0,47	0,47	0,70	0,47	0,70	0,47
0,37	0,37	0,94	0,37	0,94	0,37
0,37	0,37	0,94	0,37	0,94	0,37
0,33	0,33	0,65	0,33	0,65	0,33
0,08	0,08	0,41	0,08	0,41	0,08
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
P-28 - Age - Velocity (m/s)	P-41 - Age - Velocity (m/s)	P-7 - Age - Velocity (m/s)	P-40 - Age - Velocity (m/s)	P-4 - Age - Velocity (m/s)	P-39 - Age - Velocity (m/s)
0,05	0,00	0,17	0,00	0,04	0,00
0,05	0,00	0,17	0,00	0,04	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
0,27	0,00	0,14	0,34	0,26	0,34
0,36	0,00	0,45	0,47	0,40	0,47
0,52	0,00	0,48	0,54	0,48	0,54
0,52	0,00	0,48	0,54	0,48	0,54
0,52	0,00	0,48	0,54	0,48	0,54
0,52	0,00	1,05	0,54	0,57	0,54
0,66	0,00	1,11	0,68	0,68	0,68
0,68	0,00	0,78	0,68	0,63	0,68
0,55	0,00	0,70	0,47	0,48	0,47
0,55	0,00	0,70	0,47	0,48	0,47

versão 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Slemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 6

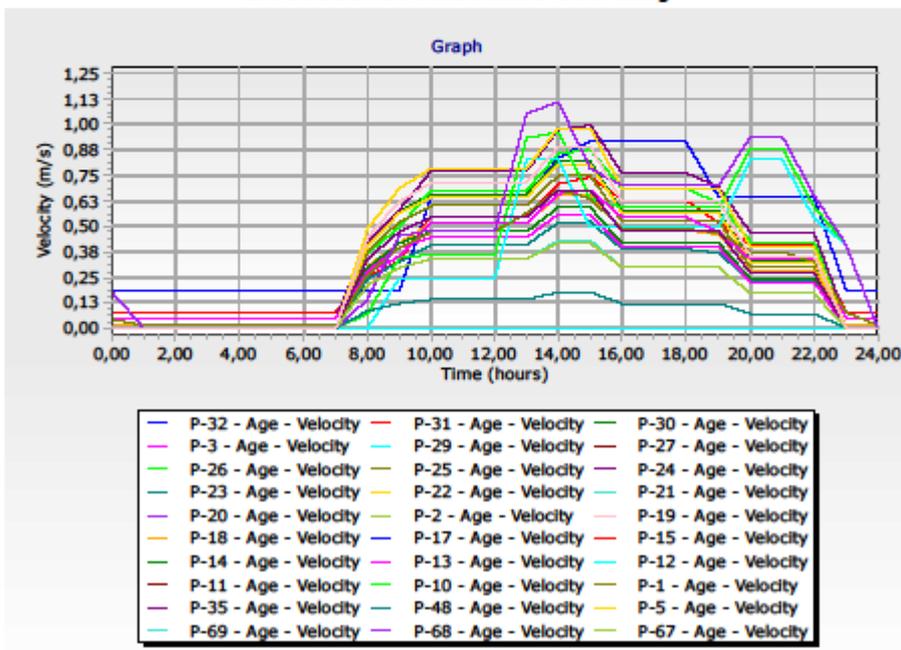
Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-28 - Age - Velocity (m/s)	P-41 - Age - Velocity (m/s)	P-7 - Age - Velocity (m/s)	P-40 - Age - Velocity (m/s)	P-4 - Age - Velocity (m/s)	P-39 - Age - Velocity (m/s)
0,55	0,00	0,70	0,47	0,48	0,47
0,47	0,00	0,70	0,47	0,47	0,47
0,34	0,00	0,94	0,27	0,37	0,27
0,34	0,00	0,94	0,27	0,37	0,27
0,34	0,00	0,65	0,27	0,33	0,27
0,05	0,00	0,41	0,00	0,08	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
P-38 - Age - Velocity (m/s)	P-37 - Age - Velocity (m/s)	P-36 - Age - Velocity (m/s)	P-9 - Age - Velocity (m/s)	P-34 - Age - Velocity (m/s)	P-33 - Age - Velocity (m/s)
0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,09	0,49	0,21	0,14	0,21	0,44
0,12	0,69	0,30	0,45	0,29	0,62
0,14	0,78	0,34	0,48	0,34	0,71
0,14	0,78	0,34	0,48	0,34	0,71
0,14	0,78	0,34	0,48	0,34	0,71
0,14	0,78	0,34	1,05	0,34	0,71
0,17	0,98	0,43	1,11	0,42	0,89
0,17	0,98	0,43	0,78	0,42	0,89
0,12	0,69	0,30	0,70	0,29	0,62
0,12	0,69	0,30	0,70	0,29	0,62
0,12	0,69	0,30	0,70	0,29	0,62
0,12	0,69	0,30	0,70	0,29	0,62
0,07	0,39	0,17	0,94	0,17	0,36
0,07	0,39	0,17	0,94	0,17	0,36
0,07	0,39	0,17	0,65	0,17	0,36
0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário base
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only



Velocidade nas tubagens para o dia de menor consumo no cenário base

Velocidade para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - Age - Velocity (m/s)	P-31 - Age - Velocity (m/s)	P-30 - Age - Velocity (m/s)	P-3 - Age - Velocity (m/s)	P-29 - Age - Velocity (m/s)
0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
1,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
2,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
3,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
4,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
5,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
6,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
7,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
8,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
9,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
10,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
11,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
12,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
13,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
14,00	0,12	0,05	0,00	0,01	0,03
15,00	0,13	0,05	0,00	0,01	0,03
16,00	0,13	0,05	0,00	0,01	0,03
17,00	0,13	0,05	0,00	0,01	0,03
18,00	0,13	0,05	0,00	0,01	0,03
19,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
20,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
21,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
22,00	0,09	0,04	0,00	0,01	0,02
23,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
24,00	0,13	0,05	0,00	0,01	0,03

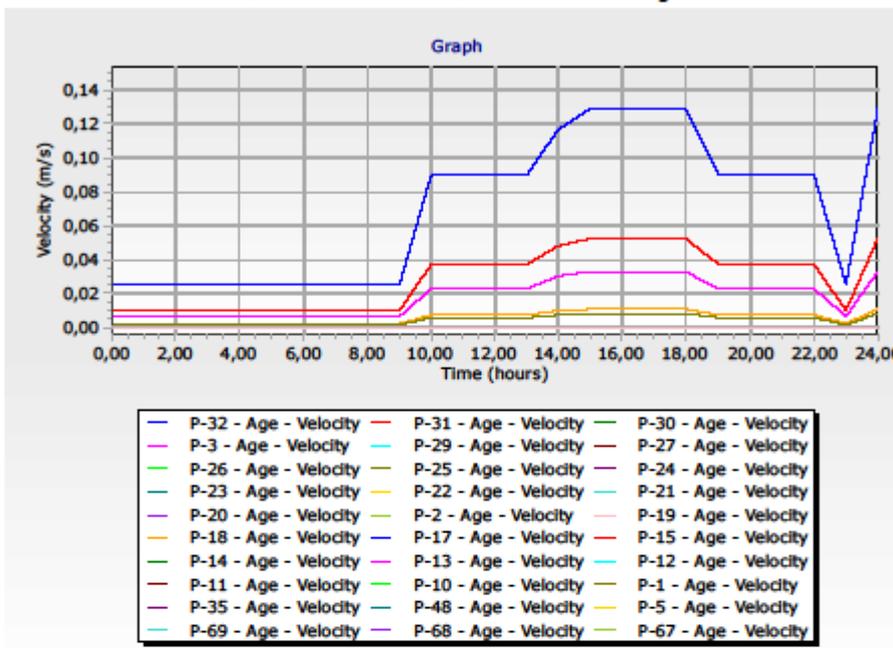
P-27 - Age - Velocity (m/s)	P-26 - Age - Velocity (m/s)	P-25 - Age - Velocity (m/s)	P-24 - Age - Velocity (m/s)	P-23 - Age - Velocity (m/s)	P-22 - Age - Velocity (m/s)
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
0,03	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00
0,03	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00
0,03	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00

versão 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 6

Velocidade para o dia de menor consumo no cenário base
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only



Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-6 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-30 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-3 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-29 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,00	0,18	0,17	0,00	0,04	0,05
0,04	0,18	0,17	0,00	0,04	0,05
1,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
2,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
3,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
4,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
5,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
6,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
7,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
8,00	0,18	0,14	0,41	0,34	0,27
9,00	0,18	0,45	0,58	0,51	0,36
10,00	0,64	0,48	0,66	0,61	0,52
11,00	0,64	0,48	0,66	0,61	0,52
12,00	0,64	0,48	0,66	0,61	0,52
13,00	0,64	1,05	0,66	0,70	0,52
14,00	0,84	1,11	0,82	0,85	0,66
15,00	0,92	0,78	0,82	0,80	0,68
16,00	0,92	0,70	0,58	0,60	0,55
17,00	0,92	0,70	0,58	0,60	0,55
18,00	0,92	0,70	0,58	0,60	0,55
19,00	0,64	0,70	0,58	0,58	0,47
20,00	0,64	0,94	0,33	0,44	0,34
21,00	0,64	0,94	0,33	0,44	0,34
22,00	0,64	0,65	0,33	0,39	0,34
23,00	0,18	0,41	0,00	0,08	0,05
24,00	0,18	0,00	0,00	0,01	0,05
P-27 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-26 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-25 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-24 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-23 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-31 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,37	0,37	0,37	0,43	0,34	0,26
0,49	0,49	0,52	0,58	0,48	0,33
0,68	0,68	0,60	0,77	0,58	0,55
0,68	0,68	0,60	0,77	0,58	0,55
0,68	0,68	0,60	0,77	0,58	0,55
0,68	0,68	0,60	0,77	0,58	0,55
0,85	0,85	0,75	0,97	0,73	0,71
0,88	0,88	0,75	0,99	0,73	0,74

versión 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
 Solution Center
 27 Siemon Company Drive Suite 200 W
 Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
 Licensed for Academic Use Only
 Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
 [10.01.00.72]
 Page 1 of 7

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-26 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-25 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-24 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-23 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-31 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,68	0,68	0,52	0,77	0,54	0,63
0,68	0,68	0,52	0,77	0,54	0,63
0,68	0,68	0,52	0,77	0,54	0,63
0,61	0,61	0,52	0,70	0,51	0,52
0,42	0,42	0,30	0,47	0,32	0,41
0,42	0,42	0,30	0,47	0,32	0,41
0,42	0,42	0,30	0,47	0,32	0,41
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
0,05	0,05	0,00	0,05	0,02	0,08
P-21 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-20 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-2 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-19 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-18 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-17 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
0,41	0,41	0,34	0,41	0,41	0,30
0,57	0,57	0,51	0,57	0,57	0,41
0,69	0,69	0,61	0,69	0,69	0,47
0,69	0,69	0,61	0,69	0,69	0,47
0,69	0,69	0,61	0,69	0,69	0,47
0,69	0,69	0,70	0,69	0,69	0,47
0,86	0,86	0,85	0,86	0,86	0,59
0,87	0,87	0,80	0,87	0,87	0,59
0,63	0,63	0,60	0,63	0,63	0,41
0,63	0,63	0,60	0,63	0,63	0,41
0,63	0,63	0,60	0,63	0,63	0,41
0,61	0,61	0,58	0,61	0,61	0,41
0,37	0,37	0,44	0,37	0,37	0,24
0,37	0,37	0,44	0,37	0,37	0,24
0,37	0,37	0,39	0,37	0,37	0,24
0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,00
0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
P-15 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-14 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-13 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-12 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-11 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-10 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17
0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-14 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-13 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-12 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-11 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-10 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0,30	0,28	0,00	0,07	0,07
0,42	0,42	0,39	0,25	0,35	0,35
0,47	0,47	0,45	0,25	0,36	0,36
0,47	0,47	0,45	0,25	0,36	0,36
0,47	0,47	0,45	0,82	0,94	0,94
0,59	0,59	0,56	0,82	0,96	0,96
0,59	0,59	0,56	0,49	0,63	0,63
0,42	0,42	0,39	0,49	0,59	0,59
0,41	0,41	0,39	0,49	0,59	0,59
0,42	0,42	0,39	0,49	0,59	0,59
0,42	0,42	0,39	0,49	0,59	0,59
0,24	0,24	0,22	0,82	0,88	0,88
0,24	0,24	0,22	0,82	0,88	0,88
0,24	0,24	0,22	0,54	0,59	0,59
0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	0,41
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-1 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-35 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-44 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-45 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-39 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-16 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,34	0,44	0,36	0,37	0,34	0,00
0,51	0,62	0,51	0,52	0,47	0,00
0,61	0,70	0,58	0,60	0,54	0,00
0,61	0,70	0,58	0,60	0,54	0,00
0,61	0,70	0,58	0,60	0,54	0,00
0,70	0,70	0,58	0,60	0,54	0,00
0,85	0,88	0,73	0,75	0,68	0,00
0,80	0,88	0,73	0,75	0,68	0,00
0,60	0,62	0,51	0,52	0,47	0,00
0,60	0,62	0,51	0,52	0,47	0,00
0,60	0,62	0,51	0,52	0,47	0,00
0,58	0,62	0,51	0,52	0,47	0,00

versão 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 7

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-1 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-35 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-44 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-45 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-39 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-16 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,44	0,35	0,29	0,30	0,27	0,00
0,44	0,35	0,29	0,30	0,27	0,00
0,39	0,35	0,29	0,30	0,27	0,00
0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-48 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-22 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-5 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-69 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-68 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-67 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,04	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
0,04	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,34	0,40	0,34	0,34	0,34	0,34
0,51	0,56	0,51	0,51	0,51	0,51
0,61	0,64	0,61	0,61	0,61	0,61
0,61	0,64	0,61	0,61	0,61	0,61
0,61	0,64	0,61	0,61	0,61	0,61
0,70	0,64	0,70	0,70	0,70	0,70
0,85	0,80	0,85	0,85	0,85	0,85
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,60	0,56	0,60	0,60	0,60	0,60
0,60	0,56	0,60	0,60	0,60	0,60
0,60	0,56	0,60	0,60	0,60	0,60
0,58	0,56	0,58	0,58	0,58	0,58
0,44	0,32	0,44	0,44	0,44	0,44
0,44	0,32	0,44	0,44	0,44	0,44
0,39	0,32	0,39	0,39	0,39	0,39
0,08	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
P-66 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-43 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-65 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-64 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-28 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-41 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,04	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00
0,04	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-66 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-43 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-65 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-64 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-28 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-41 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
0,34	0,38	0,34	0,34	0,27	0,00
0,51	0,53	0,51	0,51	0,36	0,00
0,61	0,60	0,61	0,61	0,52	0,00
0,61	0,60	0,61	0,61	0,52	0,00
0,61	0,60	0,61	0,61	0,52	0,00
0,70	0,60	0,70	0,70	0,52	0,00
0,85	0,75	0,85	0,85	0,66	0,00
0,80	0,75	0,80	0,80	0,68	0,00
0,60	0,53	0,60	0,60	0,55	0,00
0,60	0,53	0,60	0,60	0,55	0,00
0,60	0,53	0,60	0,60	0,55	0,00
0,58	0,53	0,58	0,58	0,47	0,00
0,44	0,30	0,44	0,44	0,34	0,00
0,44	0,30	0,44	0,44	0,34	0,00
0,39	0,30	0,39	0,39	0,34	0,00
0,08	0,00	0,08	0,08	0,05	0,00
0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
P-7 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-42 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-40 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-4 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-8 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-38 - interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,17	0,00	0,00	0,04	0,17	0,00
0,17	0,00	0,00	0,04	0,17	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,14	0,52	0,34	0,34	0,14	0,41
0,45	0,73	0,47	0,51	0,45	0,58
0,48	0,83	0,54	0,61	0,48	0,66
0,48	0,83	0,54	0,61	0,48	0,66
0,48	0,83	0,54	0,61	0,48	0,66
1,05	0,83	0,54	0,70	1,05	0,66
1,11	1,04	0,68	0,85	1,11	0,83
0,78	1,04	0,68	0,80	0,78	0,83
0,70	0,73	0,47	0,60	0,70	0,58
0,70	0,73	0,47	0,60	0,70	0,58
0,70	0,73	0,47	0,60	0,70	0,58
0,70	0,73	0,47	0,58	0,70	0,58
0,94	0,41	0,27	0,44	0,94	0,33
0,94	0,41	0,27	0,44	0,94	0,33
0,65	0,41	0,27	0,39	0,65	0,33
0,41	0,00	0,00	0,08	0,41	0,00

versão 3.0.wtg
25/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 5 of 7

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

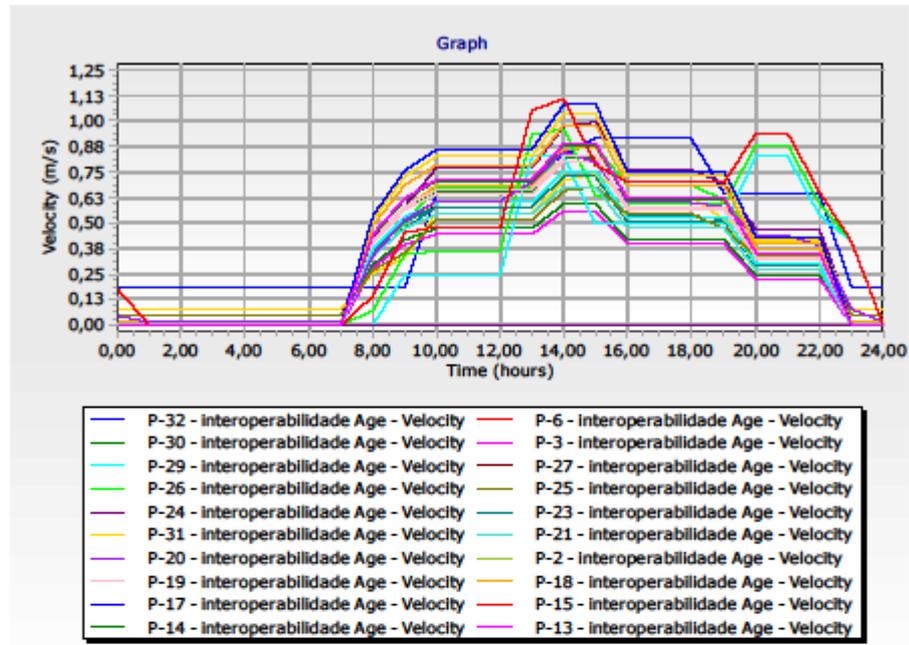
Licensed for Academic Use Only

P-7 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-42 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-40 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-4 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-8 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-38 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
P-37 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-36 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-9 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-34 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	P-33 - Interoperabilidad e Age - Velocity (m/s)	
0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,49	0,54	0,14	0,44	0,44	
0,69	0,76	0,45	0,62	0,62	
0,78	0,86	0,48	0,70	0,71	
0,78	0,86	0,48	0,70	0,71	
0,78	0,86	0,48	0,70	0,71	
0,78	0,86	1,05	0,70	0,71	
0,98	1,08	1,11	0,88	0,89	
0,98	1,08	0,78	0,88	0,89	
0,69	0,76	0,70	0,62	0,62	
0,69	0,76	0,70	0,62	0,62	
0,69	0,76	0,70	0,62	0,62	
0,69	0,76	0,70	0,62	0,62	
0,39	0,43	0,94	0,35	0,36	
0,39	0,43	0,94	0,35	0,36	
0,39	0,43	0,65	0,35	0,36	
0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Velocidade para o dia de maior consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



ANEXO III

Pressão na rede no dia de maior consumo no cenário base

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	J-15 - Age - Pressure (kPa)	J-19 - Age - Pressure (kPa)	J-9 - Age - Pressure (kPa)	J-8 - Age - Pressure (kPa)	J-7 - Age - Pressure (kPa)
0,00	284	347	328	328	338
0,04	288	352	332	333	342
1,00	289	352	333	333	343
2,00	289	352	333	333	343
3,00	289	352	333	333	343
4,00	289	352	333	333	343
5,00	289	352	333	333	343
6,00	289	352	333	333	343
7,00	289	352	333	333	343
8,00	285	349	329	329	339
9,00	280	345	324	324	335
10,00	276	342	321	321	332
11,00	276	342	321	321	332
12,00	276	342	321	321	332
13,00	267	338	313	314	327
14,00	261	332	307	308	321
15,00	267	334	312	313	324
16,00	275	341	320	320	331
17,00	275	341	320	320	331
18,00	275	341	320	320	331
19,00	275	342	320	321	332
20,00	277	346	322	323	335
21,00	277	346	322	323	335
22,00	281	347	326	326	337
23,00	287	352	332	332	342
24,00	289	352	333	333	343

J-6 - Age - Pressure (kPa)	J-48 - Age - Pressure (kPa)	J-40 - Age - Pressure (kPa)	J-4 - Age - Pressure (kPa)	J-39 - Age - Pressure (kPa)	J-38 - Age - Pressure (kPa)
338	393	265	284	264	275
342	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
339	396	259	285	259	274
335	394	248	281	249	269
332	392	241	279	242	264
332	392	241	279	242	264
332	392	241	279	242	264
328	390	237	275	238	260
322	387	222	269	224	252
325	388	224	272	227	254
332	392	244	278	245	265
332	392	244	278	245	265

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Slemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 6

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-6 - Age - Pressure (kPa)	J-48 - Age - Pressure (kPa)	J-40 - Age - Pressure (kPa)	J-4 - Age - Pressure (kPa)	J-39 - Age - Pressure (kPa)	J-38 - Age - Pressure (kPa)
332	392	244	278	245	265
332	392	245	279	246	266
336	394	258	282	258	272
336	394	258	282	258	272
337	395	259	284	259	273
342	398	269	288	269	279
343	398	270	289	269	280
J-37 - Age - Pressure (kPa)	J-36 - Age - Pressure (kPa)	J-35 - Age - Pressure (kPa)	J-34 - Age - Pressure (kPa)	J-33 - Age - Pressure (kPa)	J-32 - Age - Pressure (kPa)
280	280	285	284	381	352
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
277	280	285	284	364	350
270	274	279	279	344	343
264	270	275	275	327	331
264	270	275	275	327	331
264	270	275	275	327	331
260	266	271	271	323	326
249	258	263	263	291	311
251	260	266	266	293	311
266	270	275	275	334	325
266	270	275	275	334	325
266	270	275	275	334	325
267	271	276	276	337	333
275	277	282	281	364	341
275	277	282	281	364	341
277	279	283	282	366	342
284	285	289	288	386	357
285	285	290	289	386	357
J-31 - Age - Pressure (kPa)	J-30 - Age - Pressure (kPa)	J-3 - Age - Pressure (kPa)	J-29 - Age - Pressure (kPa)	J-28 - Age - Pressure (kPa)	J-27 - Age - Pressure (kPa)
352	342	318	334	254	357
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 2 of 6

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-31 - Age - Pressure (kPa)	J-30 - Age - Pressure (kPa)	J-3 - Age - Pressure (kPa)	J-29 - Age - Pressure (kPa)	J-28 - Age - Pressure (kPa)	J-27 - Age - Pressure (kPa)
351	340	320	333	254	357
344	333	316	327	248	352
335	326	314	320	242	347
335	326	314	320	242	347
335	326	314	320	242	347
331	322	310	316	238	343
319	310	305	306	229	335
320	312	307	308	231	337
333	326	313	320	242	347
333	326	313	320	242	347
333	326	313	320	242	347
337	328	314	322	244	348
345	337	317	329	250	354
345	337	317	329	250	354
347	338	318	331	252	355
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
J-25 - Age - Pressure (kPa)	J-24 - Age - Pressure (kPa)	J-23 - Age - Pressure (kPa)	J-22 - Age - Pressure (kPa)	J-21 - Age - Pressure (kPa)	J-20 - Age - Pressure (kPa)
303	357	357	333	347	347
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
301	357	358	333	349	349
294	352	353	327	344	345
289	348	349	323	341	341
289	348	349	323	341	341
289	348	349	323	341	341
285	344	345	319	337	337
275	336	338	312	331	331
277	339	341	314	334	334
290	348	349	324	341	341
290	348	349	324	341	341
290	348	349	324	341	341
291	349	350	325	342	342
299	354	355	330	345	346
299	354	355	330	345	346
300	356	356	331	347	347
308	362	362	337	352	352
308	362	362	338	352	352

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-2 - Age - Pressure (kPa)	J-1 - Age - Pressure (kPa)	J-18 - Age - Pressure (kPa)	J-17 - Age - Pressure (kPa)	J-16 - Age - Pressure (kPa)	J-53 - Age - Pressure (kPa)
386	401	347	282	282	113
391	406	352	286	287	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
389	404	349	280	282	117
386	402	345	272	275	117
383	400	342	267	271	117
383	400	342	267	271	117
383	400	342	267	271	117
380	397	338	258	263	117
375	394	332	248	254	116
377	396	334	254	260	116
383	400	341	267	271	117
383	400	341	267	271	117
383	400	341	267	271	117
383	400	342	268	271	117
386	402	346	273	275	117
386	402	346	273	275	117
387	403	347	277	279	117
391	406	352	285	286	117
391	406	352	287	288	117
J-14 - Age - Pressure (kPa)	J-52 - Age - Pressure (kPa)	J-12 - Age - Pressure (kPa)	J-51 - Age - Pressure (kPa)	J-10 - Age - Pressure (kPa)	J-50 - Age - Pressure (kPa)
285	161	285	230	284	289
290	166	290	235	288	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
286	166	287	234	285	292
279	165	280	233	280	291
275	165	277	232	277	290
275	165	277	232	277	290
275	165	277	232	277	290
256	164	257	231	268	289
249	163	250	229	262	287
261	164	263	230	267	288
271	165	272	232	275	290
271	165	272	232	275	290

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 6

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

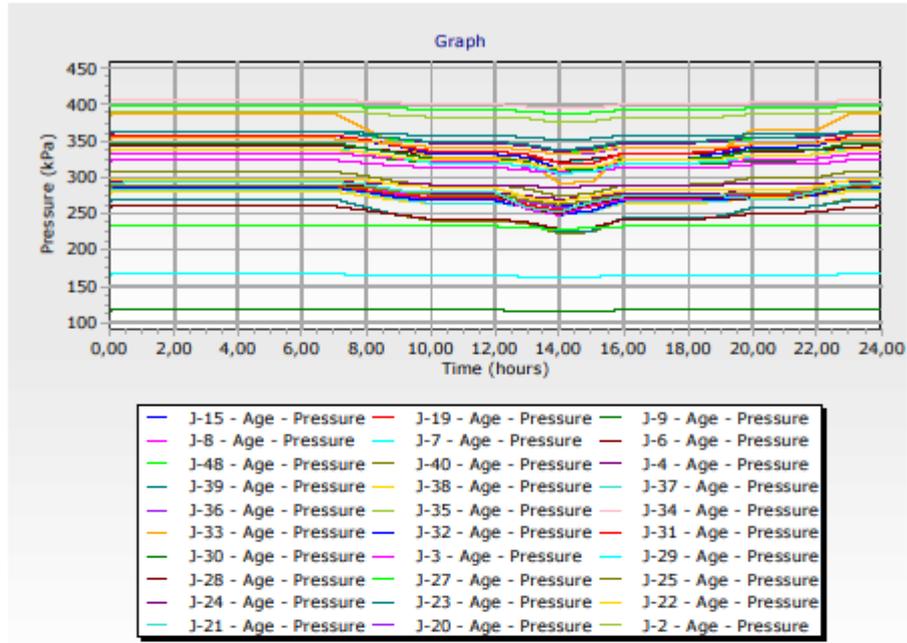
Licensed for Academic Use Only

J-14 - Age - Pressure (kPa)	J-52 - Age - Pressure (kPa)	J-12 - Age - Pressure (kPa)	J-51 - Age - Pressure (kPa)	J-10 - Age - Pressure (kPa)	J-50 - Age - Pressure (kPa)
271	165	272	232	275	290
271	165	272	232	276	290
268	165	268	233	277	291
268	165	268	233	277	291
277	166	278	233	281	292
287	166	286	235	287	293
291	166	291	235	289	294
J-49 - Age - Pressure (kPa)	J-11 - Age - Pressure (kPa)	J-13 - Age - Pressure (kPa)			
357	293	288			
362	298	293			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
360	295	290			
358	289	283			
357	286	279			
357	286	279			
357	286	279			
355	273	259			
352	266	252			
353	275	266			
357	283	274			
357	283	274			
357	283	274			
357	283	275			
359	282	270			
359	282	270			
359	289	280			
362	296	289			
362	298	294			

pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



Pressão na rede no dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	J-15 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-19 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-9 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-8 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-7 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
0,00	284	347	328	328	338
0,04	289	352	333	333	342
1,00	289	352	333	333	343
2,00	289	352	333	333	343
3,00	289	352	333	333	343
4,00	289	352	333	333	343
5,00	289	352	333	333	343
6,00	289	352	333	333	343
7,00	289	352	333	333	343
8,00	285	349	329	329	339
9,00	281	345	325	325	335
10,00	278	342	322	322	332
11,00	278	342	322	322	332
12,00	278	342	322	322	332
13,00	273	338	318	318	328
14,00	267	332	312	312	322
15,00	270	334	315	315	325
16,00	277	341	322	322	332
17,00	277	341	322	322	332
18,00	277	341	322	322	332
19,00	278	342	323	323	332
20,00	282	346	326	326	336
21,00	282	346	326	326	336
22,00	283	347	327	327	337
23,00	288	352	332	332	342
24,00	289	352	333	333	343

J-6 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-48 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-40 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-4 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-39 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-38 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
338	393	265	284	264	275
342	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
343	398	270	289	269	280
339	396	264	285	264	275
335	394	258	281	259	270
332	392	254	279	255	266
332	392	254	279	255	266
332	392	254	279	255	266
328	390	250	275	251	262

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-6 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-48 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-40 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-4 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-39 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-38 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
322	387	241	269	244	254
325	388	244	272	246	257
332	392	254	278	255	266
332	392	254	278	255	266
332	392	254	278	255	266
332	392	255	279	256	267
336	394	261	282	261	272
336	394	261	282	261	272
337	395	263	284	263	274
342	398	269	288	269	279
343	398	270	289	269	280
J-37 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-36 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-35 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-34 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-33 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-32 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
280	280	285	284	381	352
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
285	285	290	289	386	357
278	281	285	284	364	350
271	275	280	279	344	343
266	271	276	275	327	331
266	271	276	275	327	331
266	271	276	275	327	331
261	267	272	271	323	326
251	260	265	264	291	311
254	262	267	266	293	311
267	272	276	275	334	325
267	272	276	275	334	325
267	272	276	275	334	325
268	272	277	276	337	333
276	278	282	281	364	341
276	278	282	281	364	341
277	279	283	283	366	342
284	285	289	288	386	357
285	285	290	289	386	357
J-31 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-30 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-3 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-29 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-28 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-27 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 2 of 6

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-31 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-30 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-3 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-29 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-28 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-27 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
352	342	318	334	254	357
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
351	340	320	333	254	357
344	333	316	327	248	352
335	326	314	320	242	347
335	326	314	320	242	347
335	326	314	320	242	347
331	322	310	316	238	343
319	310	305	306	229	335
320	312	307	308	231	337
333	326	313	320	242	347
333	326	313	320	242	347
333	326	313	320	242	347
337	328	314	322	244	348
345	337	317	329	250	354
345	337	317	329	250	354
347	338	318	331	252	355
357	347	323	339	259	362
357	347	323	339	259	362
J-25 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-24 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-23 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-22 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-21 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-20 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
303	357	357	333	347	347
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
308	362	362	338	352	352
301	357	358	333	349	349
294	352	353	327	344	345
289	348	349	323	341	341
289	348	349	323	341	341
289	348	349	323	341	341
285	344	345	319	337	337

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-25 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-24 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-23 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-22 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-21 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-20 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
275	336	338	312	331	331
277	339	341	314	334	334
290	348	349	324	341	341
290	348	349	324	341	341
290	348	349	324	341	341
291	349	350	325	342	342
299	354	355	330	345	346
299	354	355	330	345	346
300	356	356	331	347	347
308	362	362	337	352	352
308	362	362	338	352	352
J-2 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-1 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-18 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-17 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-16 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-53 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
386	401	347	282	283	113
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
391	406	352	287	288	117
389	404	349	282	284	117
386	402	345	276	280	117
383	400	342	272	276	117
383	400	342	272	276	117
383	400	342	272	276	117
380	397	338	268	272	117
375	394	332	260	266	116
377	396	334	263	269	116
383	400	341	273	276	117
383	400	341	273	276	117
383	400	341	273	276	117
383	400	342	274	277	117
386	402	346	279	281	117
386	402	346	279	281	117
387	403	347	280	282	117
391	406	352	286	287	117
391	406	352	287	288	117
J-14 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-52 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-12 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-51 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-10 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-50 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 6

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

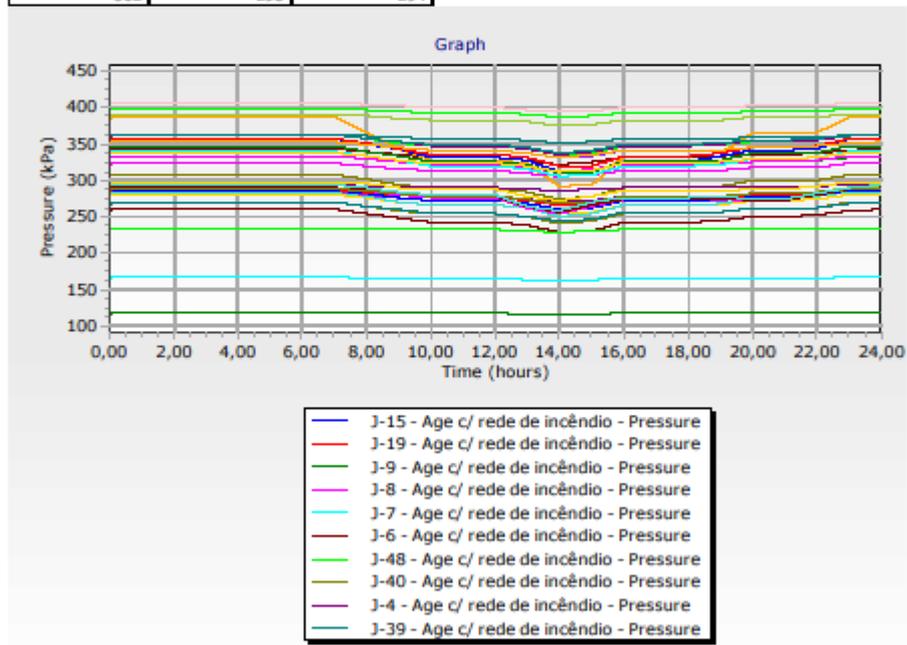
J-14 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-52 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-12 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-51 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-10 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-50 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
285	161	285	230	284	289
290	166	290	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
291	166	291	235	289	294
287	166	287	234	285	292
280	165	281	233	281	291
277	165	278	232	278	290
277	165	278	232	278	290
277	165	278	232	278	290
262	164	263	231	274	289
255	163	257	229	268	287
265	164	267	230	271	288
273	165	274	232	278	290
273	165	274	232	278	290
274	165	275	232	278	290
272	165	273	233	282	291
272	165	273	233	282	291
280	166	280	233	283	292
288	166	287	235	288	293
291	166	291	235	289	294
J-49 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-11 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-13 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)			
357	293	288			
362	298	293			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
362	298	294			
360	295	290			
358	290	284			
357	287	281			
357	287	281			
357	287	281			
355	279	265			

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-49 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-11 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)	J-13 - Age c/ rede de incêndio - Pressure (kPa)
352	272	258
353	278	269
357	285	277
357	285	277
357	285	277
357	286	278
359	287	274
359	287	274
359	291	282
362	297	290
362	298	294



Pressão na rede no dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	J-15 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-42 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-43 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-19 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-44 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
0,00	284	246	249	347	251
0,04	288	250	254	352	256
1,00	289	251	254	352	256
2,00	289	251	254	352	256
3,00	289	251	254	352	256
4,00	289	251	254	352	256
5,00	289	251	254	352	256
6,00	289	251	254	352	256
7,00	289	251	254	352	256
8,00	283	232	234	347	235
9,00	275	215	215	340	215
10,00	270	203	202	336	201
11,00	270	203	202	336	201
12,00	270	203	202	336	201
13,00	260	198	197	331	197
14,00	251	173	169	322	168
15,00	257	176	172	325	171
16,00	269	210	210	336	210
17,00	269	210	210	336	210
18,00	269	210	210	336	210
19,00	270	211	211	337	211
20,00	275	233	235	343	237
21,00	275	233	235	343	237
22,00	279	234	237	345	238
23,00	287	250	254	352	256
24,00	289	251	254	352	256

J-9 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-8 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-7 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-6 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-48 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-40 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
328	328	338	338	393	265
332	333	342	342	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
333	333	343	343	398	270
327	327	337	337	395	251
320	320	330	331	391	233
315	315	326	326	389	221
315	315	326	326	389	221
315	315	326	326	389	221
307	307	320	321	386	216

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-9 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-8 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-7 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-6 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-48 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-40 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
297	298	311	312	381	191
303	303	315	315	383	194
314	315	326	326	389	228
314	315	326	326	389	228
314	315	326	326	389	228
315	316	327	327	389	229
320	321	333	334	393	252
320	321	333	334	393	252
324	324	335	335	394	253
332	332	342	342	398	269
333	333	343	343	398	270
J-4 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-39 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-38 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-37 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-36 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-35 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
284	264	275	280	280	285
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
289	269	280	285	285	290
283	251	266	271	274	280
277	234	253	257	262	270
273	223	244	248	254	263
273	223	244	248	254	263
273	223	244	248	254	263
268	218	240	243	249	258
259	193	221	224	232	244
262	196	224	226	235	247
273	229	249	252	257	265
273	229	249	252	257	265
273	229	249	252	257	265
274	230	250	254	258	266
280	252	265	270	272	278
280	252	265	270	272	278
282	253	267	272	274	279
288	269	279	284	285	289
289	269	280	285	285	290
J-34 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-33 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-32 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-31 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-30 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-3 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 2 of 7

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-34 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-33 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-32 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-31 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-30 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-3 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
284	381	352	352	342	318
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
280	361	347	347	337	318
271	338	337	338	327	312
265	319	322	327	317	308
265	319	322	327	317	308
265	319	322	327	317	308
260	314	317	322	313	304
247	278	298	305	296	296
250	280	298	307	299	299
266	326	318	326	319	309
266	326	318	326	319	309
266	326	318	326	319	309
268	330	326	330	321	309
277	361	338	342	334	315
277	361	338	342	334	315
279	363	340	344	335	316
288	386	357	357	347	323
289	386	357	357	347	323
J-29 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-28 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-27 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-25 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-24 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-23 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
334	254	357	303	357	357
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
330	251	354	298	354	355
321	242	346	288	346	347
312	234	339	281	340	341
312	234	339	281	340	341
312	234	339	281	340	341
307	229	334	276	335	336

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Slemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 7

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-29 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-28 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-27 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-25 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-24 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-23 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
293	215	321	261	323	325
295	218	324	264	326	327
313	235	340	283	341	342
313	235	340	283	341	342
313	235	340	283	341	342
315	237	341	284	342	343
326	247	351	296	351	352
326	247	351	296	351	352
328	249	352	297	353	354
339	259	362	308	362	362
339	259	362	308	362	362
J-22 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-21 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-20 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-2 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-1 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-18 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
333	347	347	386	401	347
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
330	346	346	387	403	347
322	339	340	382	399	340
317	335	335	378	396	336
317	335	335	378	396	336
317	335	335	378	396	336
312	330	330	374	393	331
301	320	321	367	388	322
304	323	324	370	390	325
318	335	336	379	396	336
318	335	336	379	396	336
318	335	336	379	396	336
319	336	337	379	397	337
327	343	343	384	401	343
327	343	343	384	401	343
329	345	345	386	402	345
337	352	352	391	406	352
338	352	352	391	406	352
J-17 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-16 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-53 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-14 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-52 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-12 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Silemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 7

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

J-17 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-16 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-53 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-14 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-52 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-12 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
282	282	113	285	161	285
286	287	117	290	166	290
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
287	288	117	291	166	291
278	280	117	284	166	285
268	271	117	274	165	275
261	265	117	269	164	271
261	265	117	269	164	271
261	265	117	269	164	271
252	256	116	249	163	251
238	244	116	238	162	240
244	250	116	252	162	254
262	265	117	265	164	266
262	265	117	265	164	266
262	265	117	265	164	266
263	266	117	266	164	267
271	272	117	265	165	266
271	272	117	265	165	266
275	277	117	275	165	275
285	286	117	287	166	286
287	288	117	291	166	291
J-51 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-10 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-50 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-49 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-11 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-13 - interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
230	284	289	357	293	288
235	288	294	362	298	293
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
235	289	294	362	298	294
233	283	292	359	293	288
232	275	290	356	284	278
230	271	288	354	280	273
230	271	288	354	280	273
230	271	288	354	280	273
229	261	286	351	266	252

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

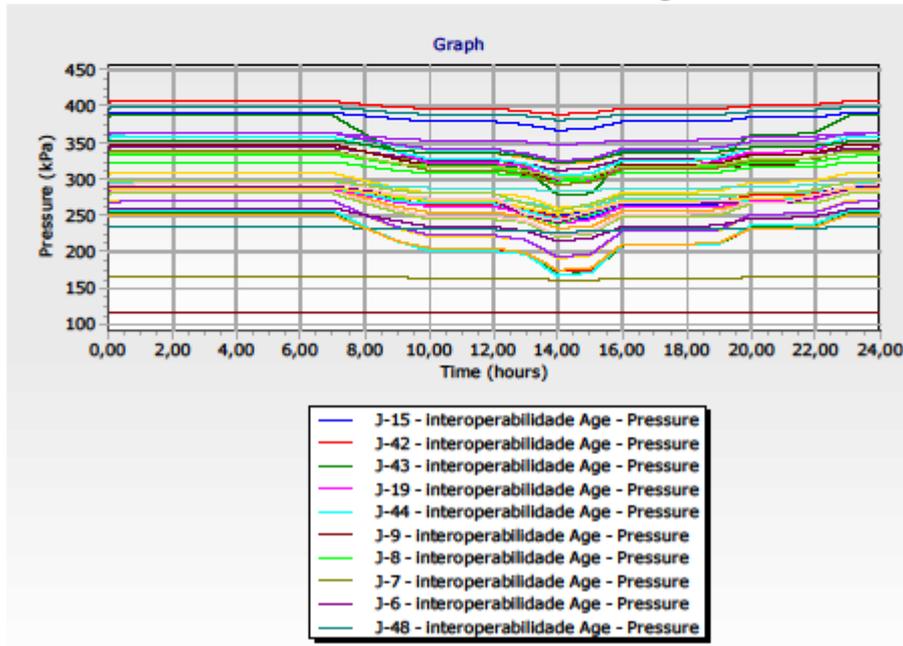
Licensed for Academic Use Only

J-51 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-10 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-50 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-49 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-11 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)	J-13 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)
227	251	283	347	256	242
228	258	284	348	265	256
231	270	288	354	277	269
231	270	288	354	277	269
231	270	288	354	277	269
231	271	288	354	278	270
232	275	291	358	280	267
232	275	291	358	280	267
233	279	291	358	286	278
235	287	293	362	296	289
235	289	294	362	298	294
J-41 - Interoperabilidad e Age - Pressure (kPa)					
246					
251					
251					
251					
251					
251					
251					
251					
251					
233					
216					
204					
204					
204					
199					
175					
178					
211					
211					
211					
212					
233					
233					
235					
250					
251					

Pressão na rede para o dia de máximo consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



ANEXO IV

Decaimento de cloro na rede no dia de maior consumo no cenário base

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-6 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-30 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-3 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-29 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9,00	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0
10,00	0,3	0,9	0,3	1,0	0,4
11,00	0,6	0,9	0,7	0,9	0,7
12,00	0,6	0,8	0,6	0,9	0,7
13,00	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
14,00	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6
15,00	0,5	0,7	0,5	0,8	0,6
16,00	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5
17,00	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5
18,00	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5
19,00	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5
20,00	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5
21,00	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
22,00	0,4	0,5	0,4	0,6	0,4
23,00	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
24,00	0,3	0,5	0,2	0,5	0,3
P-27 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-26 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-25 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-24 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-23 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-31 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3
0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 6

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-14 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-13 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-12 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-11 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-10 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4
P-1 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-35 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-39 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-48 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-22 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-5 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
0,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
1,0	0,0	0,0	1,1	0,3	0,6
1,0	0,8	0,5	1,0	0,8	0,9
0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	0,9
0,9	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
0,9	0,7	0,6	0,9	0,7	0,8

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 6

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

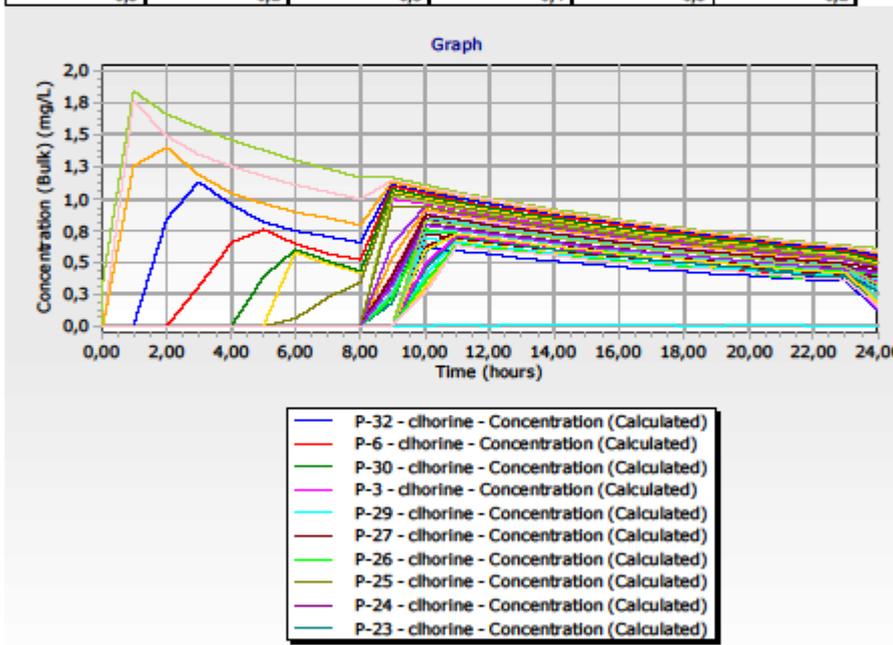
P-1 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-35 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-39 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-48 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-22 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-5 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
0,8	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7
0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,7
0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7
0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6
0,7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6
0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6
0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
0,5	0,3	0,2	0,5	0,2	0,5
P-69 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-68 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-67 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-66 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-65 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-64 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,8	1,8	1,3	0,0	0,0	0,0
1,7	1,5	1,4	0,8	0,0	0,0
1,6	1,3	1,2	1,1	0,3	0,0
1,5	1,3	1,0	1,0	0,7	0,0
1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,4
1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6
1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
P-28 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-41 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-7 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-40 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-4 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-8 - chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-38 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-37 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-36 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-9 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-34 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-33 - clhorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5
0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2



Decaimento de cloro na rede no dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio

**Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário
c/ rede de incêndio**

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-6 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-30 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-3 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-29 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9,00	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0
10,00	0,3	0,9	0,3	1,0	0,4
11,00	0,6	0,9	0,7	0,9	0,7
12,00	0,6	0,8	0,6	0,9	0,7
13,00	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
14,00	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6
15,00	0,5	0,7	0,5	0,8	0,6
16,00	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5
17,00	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5
18,00	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5
19,00	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5
20,00	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5
21,00	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
22,00	0,4	0,5	0,4	0,6	0,4
23,00	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
24,00	0,3	0,5	0,2	0,5	0,3

P-27 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-26 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-25 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-24 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-23 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-31 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3

**Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário
c/ rede de incêndio**

Licensed for Academic Use Only

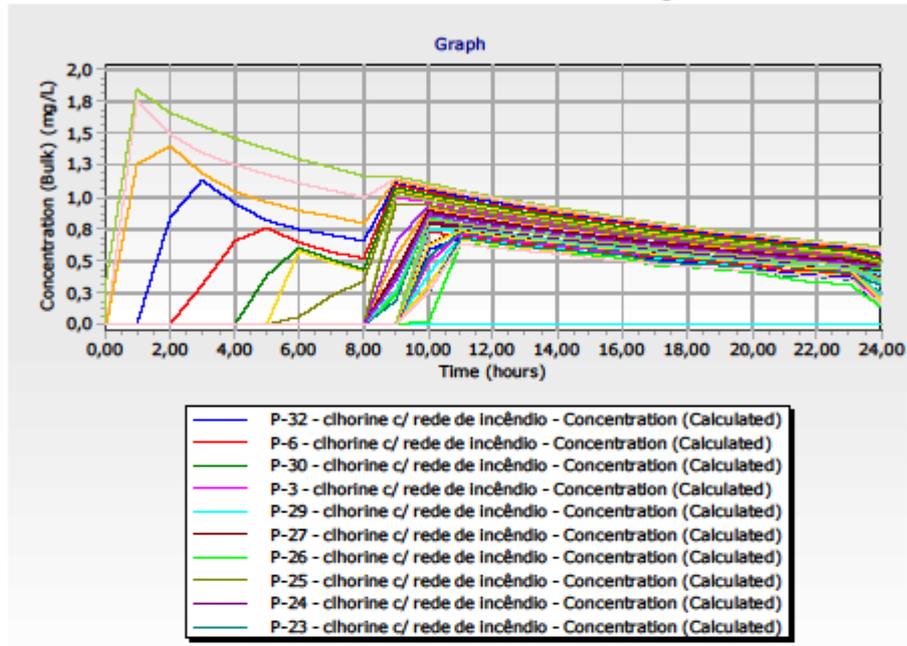
Licensed for Academic Use Only

P-1 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-35 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-39 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-48 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-22 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-5 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
0,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
1,0	0,0	0,0	1,1	0,3	0,6
1,0	0,8	0,2	1,0	0,8	0,9
0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	0,9
0,9	0,7	0,6	0,9	0,8	0,8
0,9	0,7	0,6	0,9	0,7	0,8
0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
0,8	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7
0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,7
0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7
0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6
0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6
0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6
0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,5
P-69 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-68 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-67 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-66 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-65 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-64 - clorine c/ rede de incêndio - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,8	1,8	1,3	0,0	0,0	0,0
1,7	1,5	1,4	0,8	0,0	0,0
1,6	1,3	1,2	1,1	0,3	0,0
1,5	1,3	1,0	1,0	0,7	0,0
1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,4
1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6
1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-1 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-35 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-44 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-45 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-39 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-16 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0	0,8	0,4	0,3	0,5	0,0
0,9	0,8	0,7	0,6	0,7	0,0
0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,0
0,9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,0
0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,0
0,8	0,6	0,5	0,5	0,6	0,0
0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,0
0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,0
0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,0
0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0,0
0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,0
0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,0
0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,0
0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0
0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0
0,5	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0
P-48 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-22 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-5 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-69 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-68 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-67 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	1,8	1,8	1,3
0,0	0,0	0,0	1,7	1,5	1,4
0,0	0,0	0,0	1,6	1,3	1,2
0,0	0,0	0,0	1,5	1,3	1,0
0,0	0,0	0,0	1,4	1,2	1,0
0,6	0,0	0,0	1,3	1,1	0,9
0,5	0,0	0,0	1,2	1,0	0,8
0,4	0,0	0,0	1,2	1,0	0,8
1,1	0,3	0,7	1,2	1,1	1,1
1,0	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
1,0	0,8	0,9	1,1	1,0	1,0
0,9	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
0,9	0,7	0,8	1,0	0,9	0,9
0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 7

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

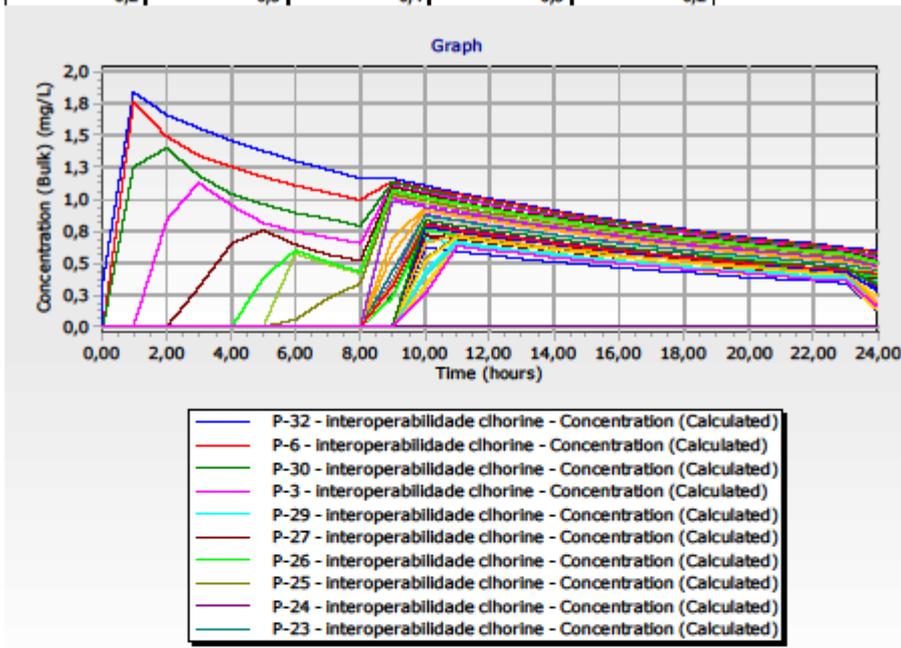
P-48 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-22 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-5 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-69 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-68 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-67 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,8	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8
0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8
0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8
0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7
0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6
0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
0,5	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6
P-66 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-43 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-65 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-64 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-28 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-41 - interoperabilidad e clorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
1,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
0,8	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0
0,7	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0
0,7	0,0	0,6	0,5	0,0	0,0
0,7	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0
1,1	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0
1,1	0,4	1,0	1,0	0,5	0,0
1,0	0,7	1,0	1,0	0,7	0,0
1,0	0,6	0,9	0,9	0,7	0,0
0,9	0,6	0,9	0,9	0,6	0,0
0,9	0,6	0,9	0,8	0,6	0,0
0,8	0,5	0,8	0,8	0,6	0,0
0,8	0,5	0,8	0,8	0,6	0,0
0,8	0,5	0,7	0,7	0,5	0,0
0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,0
0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,0
0,7	0,4	0,7	0,6	0,5	0,0
0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,0
0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,0
0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,0
0,5	0,2	0,5	0,5	0,4	0,0

Decaimento de cloro ao longo do dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-37 - interoperabilidad e chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-36 - interoperabilidad e chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-9 - interoperabilidad e chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-34 - interoperabilidad e chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)	P-33 - interoperabilidad e chlorine - Concentration (Calculated) (mg/L)
0,7	0,7	0,8	0,8	0,6
0,7	0,7	0,7	0,8	0,6
0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
0,6	0,6	0,7	0,7	0,5
0,6	0,6	0,6	0,7	0,5
0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
0,2	0,3	0,4	0,3	0,2



ANEXO V

Tempo de retenção hidráulico no dia de maior consumo no cenário base

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-6 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-30 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-3 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-29 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,04	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,00	0,900	0,900	1,000	1,000	0,900
2,00	1,901	1,901	2,000	2,000	1,900
3,00	2,900	2,901	2,999	3,000	2,900
4,00	3,829	3,901	3,999	4,000	3,800
5,00	4,816	4,901	4,998	5,000	4,802
6,00	5,800	5,901	5,998	5,999	5,800
7,00	6,800	6,901	6,996	6,998	6,800
8,00	7,800	7,900	7,996	7,997	7,800
9,00	8,798	8,530	8,798	7,617	8,798
10,00	9,775	8,322	9,684	8,300	9,449
11,00	9,283	9,012	9,252	8,984	9,222
12,00	9,976	9,685	9,944	9,649	9,912
13,00	10,652	10,340	10,618	10,297	10,585
14,00	11,310	10,979	11,275	10,931	11,240
15,00	11,953	11,604	11,916	11,550	11,879
16,00	12,580	12,215	12,542	12,156	12,504
17,00	13,194	12,812	13,155	12,748	13,115
18,00	13,794	13,397	13,753	13,328	13,712
19,00	14,381	13,972	14,339	13,899	14,297
20,00	14,958	14,538	14,915	14,461	14,872
21,00	15,548	15,094	15,504	15,015	15,460
22,00	16,107	15,644	16,062	15,562	16,017
23,00	16,658	16,187	16,612	16,102	16,567
24,00	17,337	16,908	17,610	16,874	17,317

P-27 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,940	1,000	1,000	1,000	0,985	0,900
1,900	2,000	2,000	2,000	1,944	1,900
2,900	2,981	3,000	2,934	2,904	2,900
3,800	3,924	3,999	3,930	3,901	3,804
4,800	4,900	4,999	4,900	4,900	4,810
5,800	5,900	5,998	5,900	5,900	5,800
6,800	6,900	6,998	6,900	6,900	6,800
7,800	7,899	7,996	7,899	7,899	7,800
8,798	8,897	8,897	8,896	8,895	8,798
8,861	8,526	8,526	8,481	8,448	9,684
9,161	9,200	9,200	9,169	9,138	9,252
9,848	9,884	9,884	9,851	9,818	9,944
10,517	10,549	10,549	10,514	10,480	10,618
11,169	11,197	11,197	11,161	11,125	11,275
11,805	11,831	11,831	11,794	11,756	11,916

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 6

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - Age - Age (Calculated) (hours)
12,428	12,450	12,450	12,411	12,372	12,542
13,036	13,056	13,056	13,015	12,975	13,155
13,630	13,648	13,648	13,606	13,565	13,753
14,213	14,228	14,228	14,186	14,143	14,339
14,786	14,799	14,799	14,756	14,712	14,915
15,372	15,384	15,384	15,340	15,288	15,504
15,928	15,938	15,938	15,893	15,840	16,062
16,476	16,485	16,485	16,439	16,386	16,612
17,316	17,370	17,483	17,370	17,283	17,319
P-21 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-20 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-2 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-19 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-18 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-17 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	0,900	1,000	0,900	0,900	1,000
1,900	1,900	2,000	1,900	1,900	2,000
2,900	2,900	3,000	2,900	2,900	3,000
3,900	3,900	4,000	3,900	3,900	4,000
4,900	4,900	4,999	4,900	4,900	5,000
5,900	5,900	5,998	5,900	5,900	6,000
6,899	6,899	6,997	6,899	6,899	7,000
7,898	7,898	7,996	7,898	7,898	8,000
8,892	8,874	7,578	8,776	8,530	8,897
8,412	8,383	8,269	8,352	8,322	8,517
9,107	9,076	8,951	9,044	9,012	9,200
9,785	9,752	9,614	9,718	9,685	9,884
10,445	10,410	10,261	10,375	10,340	10,549
11,089	11,053	10,894	11,016	10,979	11,197
11,718	11,680	11,511	11,642	11,604	11,831
12,333	12,294	12,115	12,255	12,215	12,450
12,934	12,894	12,706	12,853	12,812	13,056
13,523	13,481	13,286	13,439	13,397	13,648
14,101	14,058	13,856	14,015	13,972	14,228
14,669	14,625	14,417	14,581	14,538	14,799
15,228	15,184	14,970	15,139	15,094	15,361
15,780	15,734	15,516	15,689	15,644	15,915
16,324	16,279	16,056	16,233	16,187	16,462
16,964	16,928	16,862	16,909	16,908	17,461
P-15 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-14 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-12 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-11 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-10 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	1,000	0,999	0,900	0,900	0,900
2,000	1,995	1,997	1,900	1,900	1,900
3,000	2,995	2,997	2,900	2,900	2,900

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-14 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-12 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-11 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-10 - Age - Age (Calculated) (hours)
4,000	3,991	3,992	3,900	3,900	3,900
5,000	4,991	4,992	4,900	4,900	4,900
6,000	5,986	5,987	5,900	5,900	5,900
7,000	6,986	6,987	6,900	6,900	6,900
8,000	7,981	7,985	7,900	7,900	7,900
8,896	8,894	8,897	8,900	8,896	8,894
8,478	8,446	8,517	8,517	8,478	8,446
9,169	9,138	9,200	9,200	9,169	9,138
9,851	9,818	9,884	9,884	9,851	9,818
10,514	10,480	10,549	10,549	10,514	10,480
11,161	11,125	11,197	11,197	11,161	11,125
11,794	11,756	11,831	11,831	11,794	11,756
12,411	12,372	12,450	12,450	12,411	12,372
13,015	12,975	13,056	13,056	13,015	12,975
13,606	13,565	13,648	13,648	13,606	13,565
14,186	14,143	14,228	14,228	14,186	14,143
14,756	14,712	14,799	14,799	14,756	14,712
15,317	15,273	15,361	15,361	15,317	15,273
15,870	15,825	15,915	15,915	15,870	15,825
16,416	16,370	16,462	16,462	16,416	16,370
17,415	17,359	17,455	17,002	16,988	16,954
P-1 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,013
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,940
2,000	2,000	2,000	2,000	1,998	1,900
3,000	3,000	3,000	2,999	2,998	2,900
3,999	4,000	4,000	3,997	3,997	3,900
4,998	5,000	5,000	4,995	4,997	4,900
5,997	6,000	6,000	5,993	5,995	5,899
6,995	7,000	7,000	6,991	6,995	6,899
7,994	8,000	8,000	7,991	7,993	7,898
7,547	8,897	8,898	7,512	8,894	8,267
8,238	8,526	9,337	8,207	8,446	8,292
8,918	9,200	9,293	8,885	9,138	8,981
9,580	9,884	9,982	9,545	9,818	9,651
10,225	10,549	10,652	10,189	10,480	10,305
10,856	11,197	11,306	10,818	11,125	10,942
11,472	11,831	11,942	11,433	11,756	11,566
12,075	12,450	12,566	12,034	12,372	12,175
12,665	13,056	13,183	12,623	12,975	12,771
13,243	13,648	13,779	13,201	13,565	13,355
13,812	14,228	14,363	13,769	14,143	13,929
14,373	14,799	14,937	14,328	14,712	14,494

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 6

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-1 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age - Age (Calculated) (hours)
14,925	15,384	15,565	14,880	15,273	15,050
15,470	15,938	16,123	15,424	15,825	15,598
16,009	16,485	16,673	15,963	16,370	16,141
16,785	17,485	17,672	16,731	17,368	16,894
P-69 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-68 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-67 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-66 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-65 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-64 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,979	0,991	0,997	0,999	1,000	1,000
1,922	1,980	1,992	1,996	1,999	2,000
2,806	2,923	2,988	2,992	2,997	2,999
3,650	3,809	3,956	3,989	3,995	3,996
4,458	4,655	4,863	4,976	4,993	4,994
5,237	5,465	5,725	5,895	5,985	5,992
5,990	6,245	6,550	6,769	6,942	6,991
6,721	6,999	7,343	7,602	7,843	7,987
7,331	7,361	7,392	7,422	7,453	7,483
8,016	8,048	8,080	8,112	8,144	8,176
8,683	8,717	8,751	8,785	8,818	8,852
9,333	9,369	9,405	9,440	9,475	9,510
9,968	10,005	10,042	10,079	10,116	10,153
10,589	10,628	10,666	10,704	10,742	10,780
11,196	11,236	11,275	11,315	11,355	11,394
11,789	11,830	11,871	11,912	11,953	11,994
12,371	12,413	12,455	12,497	12,539	12,581
12,943	12,986	13,029	13,072	13,115	13,158
13,505	13,550	13,594	13,638	13,681	13,725
14,060	14,105	14,150	14,194	14,239	14,284
14,607	14,653	14,698	14,744	14,789	14,834
15,148	15,194	15,241	15,287	15,333	15,379
15,684	15,730	15,777	15,824	15,870	15,917
16,222	16,296	16,402	16,495	16,607	16,703
P-28 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-41 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-7 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	1,000	0,900	1,000	1,000	0,900
1,900	2,000	1,900	2,000	2,000	1,900
2,900	3,000	2,900	3,000	3,000	2,900
3,800	4,000	3,900	4,000	4,000	3,900
4,800	5,000	4,900	5,000	5,000	4,900
5,800	6,000	5,900	6,000	5,999	5,900
6,800	7,000	6,900	7,000	6,999	6,900
7,800	8,000	7,900	8,000	7,997	7,900

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

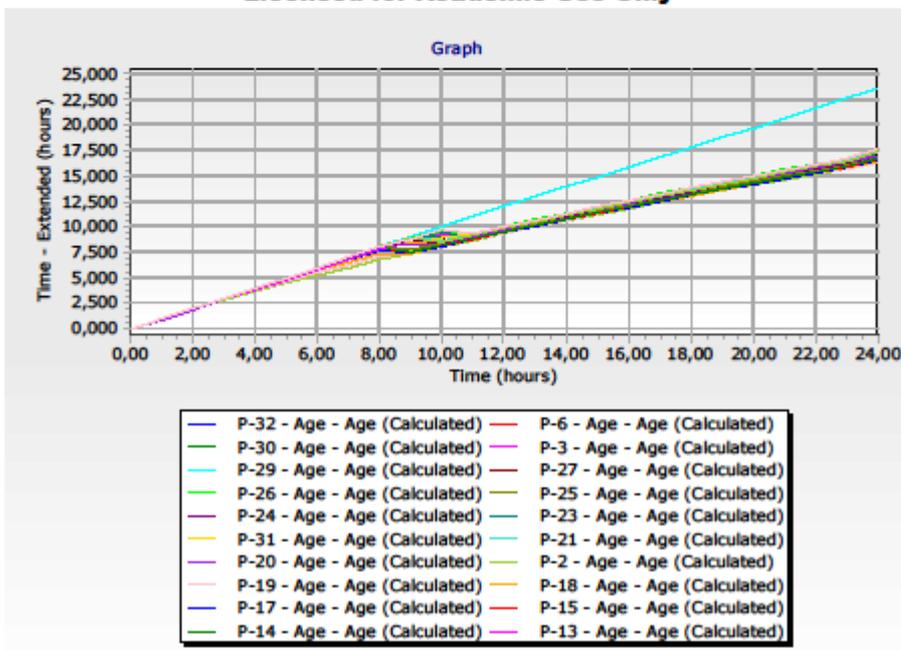
Licensed for Academic Use Only

P-28 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-41 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-7 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - Age - Age (Calculated) (hours)
8,798	8,999	8,776	8,898	7,737	8,874
9,187	9,998	8,352	9,593	8,331	8,383
9,192	10,980	9,044	9,323	9,016	9,076
9,881	11,980	9,718	10,014	9,683	9,752
10,551	12,953	10,375	10,686	10,333	10,410
11,205	13,921	11,016	11,341	10,968	11,053
11,842	14,885	11,642	11,979	11,589	11,680
12,466	15,845	12,255	12,604	12,196	12,294
13,075	16,800	12,853	13,223	12,789	12,894
13,671	17,800	13,439	13,820	13,371	13,481
14,255	18,744	14,015	14,405	13,943	14,058
14,829	19,684	14,581	14,980	14,506	14,625
15,416	20,552	15,139	15,609	15,060	15,184
15,973	21,552	15,689	16,168	15,607	15,734
16,522	22,552	16,233	16,718	16,148	16,279
17,316	23,552	16,909	17,718	16,904	16,909
P-38 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-37 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-36 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-9 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-34 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-33 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	1,000	1,000	0,900	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	1,900	2,000	2,000
3,000	3,000	3,000	2,900	3,000	3,000
4,000	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000
5,000	5,000	5,000	4,900	5,000	5,000
6,000	6,000	6,000	5,900	5,999	6,000
7,000	7,000	7,000	6,900	6,999	7,000
8,000	8,000	8,000	7,900	7,999	7,999
8,898	8,898	8,897	8,892	8,896	8,798
9,013	8,961	8,660	8,412	8,481	9,775
9,263	9,261	9,231	9,107	9,169	9,283
9,950	9,948	9,916	9,785	9,851	9,976
10,618	10,617	10,583	10,445	10,514	10,652
11,270	11,269	11,233	11,089	11,161	11,310
11,905	11,905	11,868	11,718	11,794	11,953
12,528	12,528	12,489	12,333	12,411	12,580
13,142	13,136	13,096	12,934	13,015	13,194
13,737	13,730	13,689	13,523	13,606	13,794
14,320	14,313	14,271	14,101	14,186	14,381
14,893	14,886	14,843	14,669	14,756	14,958
15,497	15,472	15,428	15,228	15,340	15,555
16,053	16,028	15,983	15,780	15,893	16,115
16,602	16,576	16,531	16,324	16,439	16,666
17,601	17,576	17,531	16,940	17,439	17,666

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



Tempo de retenção hidráulico no dia de maior consumo no cenário com rede de incêndio

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-31 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-30 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-3 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-29 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,04	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,00	0,900	0,900	1,000	1,000	0,900
2,00	1,901	1,900	1,999	2,000	1,900
3,00	2,900	2,900	2,999	3,000	2,900
4,00	3,829	3,804	3,998	4,000	3,800
5,00	4,816	4,810	4,998	5,000	4,802
6,00	5,800	5,800	5,996	5,999	5,800
7,00	6,800	6,800	6,996	6,998	6,800
8,00	7,800	7,800	7,993	7,997	7,800
9,00	8,798	8,798	8,798	7,617	8,798
10,00	9,775	9,684	9,684	8,300	9,449
11,00	9,283	9,252	9,252	8,984	9,222
12,00	9,976	9,944	9,944	9,649	9,912
13,00	10,652	10,618	10,618	10,297	10,585
14,00	11,310	11,275	11,275	10,931	11,240
15,00	11,953	11,916	11,916	11,550	11,879
16,00	12,580	12,542	12,542	12,156	12,504
17,00	13,194	13,155	13,155	12,748	13,115
18,00	13,794	13,753	13,753	13,328	13,712
19,00	14,381	14,339	14,339	13,899	14,297
20,00	14,958	14,915	14,915	14,461	14,872
21,00	15,548	15,504	15,504	15,015	15,460
22,00	16,107	16,062	16,062	15,562	16,017
23,00	16,658	16,612	16,612	16,102	16,567
24,00	17,337	17,319	17,611	16,874	17,317

P-27 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,940	1,000	1,000	1,000	0,985	1,000
1,900	2,000	2,000	2,000	1,944	1,998
2,900	2,980	3,000	2,934	2,904	2,998
3,800	3,924	3,999	3,930	3,901	3,997
4,800	4,900	4,999	4,900	4,900	4,997
5,800	5,900	5,998	5,900	5,900	5,996
6,800	6,900	6,998	6,900	6,900	6,996
7,800	7,899	7,997	7,899	7,899	7,995
8,798	8,897	8,897	8,896	8,895	8,894
8,861	8,526	8,526	8,481	8,448	8,446
9,161	9,200	9,200	9,169	9,138	9,138
9,848	9,884	9,884	9,851	9,818	9,818

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 6

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
10,517	10,549	10,549	10,514	10,480	10,480
11,169	11,197	11,197	11,161	11,125	11,125
11,805	11,831	11,831	11,794	11,756	11,756
12,428	12,450	12,450	12,411	12,372	12,372
13,036	13,056	13,056	13,015	12,975	12,975
13,630	13,648	13,648	13,606	13,565	13,565
14,213	14,228	14,228	14,186	14,143	14,143
14,786	14,799	14,799	14,756	14,712	14,712
15,372	15,384	15,384	15,340	15,288	15,273
15,928	15,938	15,938	15,893	15,840	15,825
16,476	16,485	16,485	16,439	16,386	16,370
17,316	17,370	17,484	17,370	17,283	17,368
P-21 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-20 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-19 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-18 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-17 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-16 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	0,900	1,000	0,900	0,900	1,000
1,900	1,900	2,000	1,900	1,900	2,000
2,900	2,900	3,000	2,900	2,900	3,000
3,900	3,900	4,000	3,900	3,900	4,000
4,900	4,900	4,999	4,900	4,900	5,000
5,900	5,900	5,998	5,900	5,900	6,000
6,899	6,899	6,997	6,899	6,899	7,000
7,898	7,898	7,996	7,898	7,898	8,000
8,892	8,874	7,578	8,776	8,530	8,898
8,412	8,383	8,269	8,352	8,322	8,883
9,107	9,076	8,951	9,044	9,012	9,245
9,785	9,752	9,614	9,718	9,685	9,931
10,445	10,410	10,261	10,375	10,340	10,599
11,089	11,053	10,894	11,016	10,979	11,250
11,718	11,680	11,511	11,642	11,604	11,868
12,333	12,294	12,115	12,255	12,215	12,488
12,934	12,894	12,706	12,853	12,812	13,129
13,523	13,481	13,286	13,439	13,397	13,723
14,101	14,058	13,856	14,015	13,972	14,306
14,669	14,625	14,417	14,581	14,538	14,878
15,228	15,184	14,970	15,139	15,094	15,535
15,780	15,734	15,516	15,689	15,644	16,092
16,324	16,279	16,056	16,233	16,187	16,641
16,964	16,928	16,862	16,909	16,908	17,641

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-14 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-12 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-11 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-10 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-1 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	0,998	0,900	0,900	0,900	1,000
2,000	1,988	1,900	1,900	1,900	2,000
3,000	2,988	2,900	2,900	2,900	3,000
4,000	3,982	3,900	3,900	3,900	3,999
5,000	4,982	4,900	4,900	4,900	4,998
6,000	5,977	5,900	5,900	5,900	5,997
7,000	6,977	6,900	6,900	6,900	6,995
8,000	7,973	7,900	7,900	7,900	7,994
8,898	8,894	8,900	8,896	8,894	7,547
8,538	8,446	8,517	8,478	8,446	8,238
9,194	9,138	9,200	9,169	9,138	8,918
9,877	9,818	9,884	9,851	9,818	9,580
10,541	10,480	10,549	10,514	10,480	10,225
11,190	11,125	11,197	11,161	11,125	10,856
11,812	11,756	11,831	11,794	11,756	11,472
12,431	12,372	12,450	12,411	12,372	12,075
13,053	12,975	13,056	13,015	12,975	12,665
13,645	13,565	13,648	13,606	13,565	13,243
14,226	14,143	14,228	14,186	14,143	13,812
14,797	14,712	14,799	14,756	14,712	14,373
15,404	15,273	15,361	15,317	15,273	14,925
15,959	15,825	15,915	15,870	15,825	15,470
16,506	16,370	16,462	16,416	16,370	16,009
17,506	17,359	17,002	16,988	16,954	16,785

P-35 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-69 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-68 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,013	0,043	0,043
1,000	0,999	1,000	0,940	0,979	0,991
2,000	1,994	2,000	1,900	1,922	1,980
3,000	2,994	2,999	2,900	2,806	2,923
4,000	3,992	3,997	3,900	3,650	3,809
5,000	4,992	4,995	4,900	4,458	4,655
6,000	5,987	5,993	5,899	5,237	5,465
7,000	6,987	6,991	6,899	5,990	6,245
8,000	7,985	7,991	7,898	6,721	6,999
8,897	8,897	7,512	8,267	7,331	7,361
8,526	8,517	8,207	8,292	8,016	8,048
9,200	9,200	8,885	8,981	8,683	8,717
9,884	9,884	9,545	9,651	9,333	9,369

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 6

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-35 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-69 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-68 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
10,549	10,549	10,189	10,305	9,968	10,005
11,197	11,197	10,818	10,942	10,589	10,628
11,831	11,831	11,433	11,566	11,196	11,236
12,450	12,450	12,034	12,175	11,789	11,830
13,056	13,056	12,623	12,771	12,371	12,413
13,648	13,648	13,201	13,355	12,943	12,986
14,228	14,228	13,769	13,929	13,505	13,550
14,799	14,799	14,328	14,494	14,060	14,105
15,384	15,361	14,880	15,050	14,607	14,653
15,938	15,915	15,424	15,598	15,148	15,194
16,485	16,462	15,963	16,141	15,684	15,730
17,485	17,455	16,731	16,894	16,222	16,296
P-67 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-66 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-8 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-65 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-6 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-64 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,997	0,999	0,900	1,000	0,900	1,000
1,992	1,996	1,900	1,999	1,900	2,000
2,988	2,992	2,900	2,997	2,900	2,999
3,956	3,989	3,900	3,995	3,900	3,996
4,863	4,976	4,900	4,993	4,900	4,994
5,725	5,895	5,900	5,985	5,900	5,992
6,550	6,768	6,900	6,942	6,900	6,991
7,343	7,602	7,900	7,842	7,900	7,987
7,392	7,422	8,874	7,453	8,530	7,483
8,080	8,112	8,383	8,144	8,322	8,176
8,751	8,785	9,076	8,818	9,012	8,852
9,405	9,440	9,752	9,475	9,685	9,510
10,042	10,079	10,410	10,116	10,340	10,153
10,666	10,704	11,053	10,742	10,979	10,780
11,275	11,315	11,680	11,355	11,604	11,394
11,871	11,912	12,294	11,953	12,215	11,994
12,455	12,497	12,894	12,539	12,812	12,581
13,029	13,072	13,481	13,115	13,397	13,158
13,594	13,638	14,058	13,681	13,972	13,725
14,150	14,194	14,625	14,239	14,538	14,284
14,698	14,744	15,184	14,789	15,094	14,834
15,241	15,287	15,734	15,333	15,644	15,379
15,777	15,824	16,279	15,870	16,187	15,917
16,402	16,495	16,909	16,607	16,908	16,703

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-28 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-41 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-7 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-40 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-4 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-39 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	1,000	0,900	1,000	1,000	1,000
1,900	2,000	1,900	2,000	2,000	2,000
2,900	3,000	2,900	3,000	3,000	3,000
3,800	4,000	3,900	4,000	4,000	4,000
4,800	5,000	4,900	5,000	5,000	5,000
5,800	6,000	5,900	6,000	5,999	6,000
6,800	7,000	6,900	7,000	6,998	7,000
7,800	8,000	7,900	8,000	7,997	8,000
8,798	9,000	8,776	9,000	7,737	8,940
9,187	10,000	8,352	9,894	8,331	9,827
9,192	11,000	9,044	9,456	9,016	9,373
9,881	11,997	9,718	10,146	9,683	10,066
10,551	12,997	10,375	10,826	10,333	10,741
11,205	13,997	11,016	11,488	10,968	11,399
11,842	14,997	11,642	12,089	11,589	12,012
12,466	15,997	12,255	12,718	12,196	12,638
13,075	16,997	12,853	13,417	12,789	13,306
13,671	17,991	13,439	14,021	13,371	13,906
14,255	18,991	14,015	14,612	13,943	14,494
14,829	19,991	14,581	15,192	14,506	15,071
15,416	20,983	15,139	15,937	15,060	15,792
15,973	21,983	15,689	16,581	15,607	16,378
16,522	22,983	16,233	17,139	16,148	16,932
17,316	23,983	16,909	18,139	16,904	17,932

P-38 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-37 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-36 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-9 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-34 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-33 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	1,000	1,000	0,900	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	1,900	2,000	2,000
3,000	3,000	3,000	2,900	3,000	3,000
4,000	4,000	4,000	3,900	4,000	4,000
5,000	5,000	5,000	4,900	5,000	5,000
6,000	6,000	6,000	5,900	6,000	6,000
7,000	7,000	7,000	6,900	6,999	7,000
8,000	8,000	8,000	7,900	7,999	7,999
8,898	8,898	8,897	8,892	8,896	8,798
9,199	8,961	8,660	8,412	8,481	9,775
9,279	9,261	9,231	9,107	9,169	9,283
9,967	9,948	9,916	9,785	9,851	9,976

versão 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

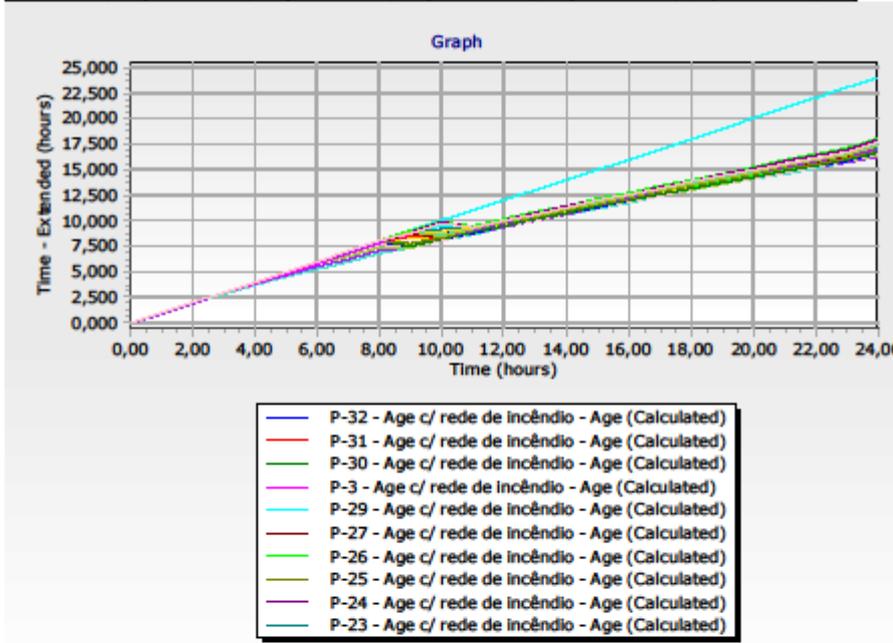
WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 5 of 6

Tempo de retenção hidráulico para o dia de maior consumo no cenário c/ rede de incêndio

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-38 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-37 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-36 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-9 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-34 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)	P-33 - Age c/ rede de incêndio - Age (Calculated) (hours)
10,637	10,617	10,583	10,445	10,514	10,652
11,290	11,269	11,233	11,089	11,161	11,310
11,921	11,905	11,868	11,718	11,794	11,953
12,543	12,528	12,489	12,333	12,411	12,580
13,166	13,136	13,096	12,934	13,015	13,194
13,762	13,730	13,689	13,523	13,606	13,794
14,345	14,313	14,271	14,101	14,186	14,381
14,919	14,886	14,843	14,669	14,756	14,958
15,544	15,472	15,428	15,228	15,340	15,555
16,102	16,028	15,983	15,780	15,893	16,115
16,651	16,576	16,531	16,324	16,439	16,666
17,651	17,576	17,531	16,940	17,439	17,666



Tempo de retenção hidráulico no dia de maior consumo no cenário de expansão da rede

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-6 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-30 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-3 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-29 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,04	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,00	0,900	0,900	1,000	1,000	0,900
2,00	1,901	1,901	1,999	2,000	1,900
3,00	2,900	2,901	2,999	3,000	2,900
4,00	3,829	3,901	3,998	4,000	3,800
5,00	4,816	4,901	4,998	5,000	4,802
6,00	5,800	5,900	5,996	5,999	5,800
7,00	6,800	6,900	6,996	6,998	6,800
8,00	7,800	7,900	7,994	7,997	7,800
9,00	8,798	8,447	8,798	7,598	8,798
10,00	9,765	8,322	9,612	8,300	9,347
11,00	9,281	9,011	9,252	8,982	9,222
12,00	9,975	9,682	9,943	9,645	9,911
13,00	10,649	10,334	10,616	10,290	10,582
14,00	11,305	10,969	11,270	10,919	11,234
15,00	11,944	11,589	11,907	11,533	11,869
16,00	12,566	12,194	12,528	12,131	12,489
17,00	13,174	12,783	13,134	12,715	13,094
18,00	13,766	13,359	13,724	13,286	13,683
19,00	14,344	13,923	14,302	13,846	14,259
20,00	14,911	14,478	14,867	14,397	14,823
21,00	15,472	15,023	15,428	14,939	15,383
22,00	16,020	15,560	15,974	15,473	15,928
23,00	16,558	16,090	16,512	16,001	16,465
24,00	17,237	16,804	17,510	16,767	17,191

P-27 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,940	1,000	1,000	1,000	0,985	0,900
1,900	2,000	2,000	2,000	1,944	1,900
2,900	2,980	3,000	2,933	2,904	2,900
3,800	3,924	3,999	3,930	3,901	3,804
4,800	4,900	4,999	4,900	4,900	4,810
5,800	5,900	5,997	5,900	5,900	5,800
6,800	6,900	6,997	6,900	6,900	6,800
7,800	7,899	7,996	7,899	7,899	7,800
8,798	8,897	8,897	8,896	8,894	8,798
8,713	8,498	8,498	8,469	8,440	9,612
9,161	9,200	9,200	9,169	9,138	9,252
9,847	9,882	9,882	9,849	9,816	9,943

versión 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 1 of 7

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
10,514	10,545	10,545	10,510	10,475	10,616
11,162	11,190	11,190	11,154	11,117	11,270
11,795	11,819	11,819	11,781	11,743	11,907
12,411	12,433	12,433	12,393	12,354	12,528
13,013	13,031	13,031	12,990	12,949	13,134
13,599	13,615	13,615	13,572	13,530	13,724
14,172	14,186	14,186	14,142	14,099	14,302
14,735	14,746	14,746	14,702	14,657	14,867
15,292	15,302	15,302	15,256	15,210	15,428
15,836	15,844	15,844	15,797	15,751	15,974
16,372	16,378	16,378	16,331	16,284	16,512
17,179	17,279	17,376	17,279	17,190	17,223
P-21 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-20 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-2 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-19 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-18 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-17 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	0,900	1,000	0,900	0,900	1,000
1,900	1,900	2,000	1,900	1,900	2,000
2,900	2,900	3,000	2,900	2,900	3,000
3,900	3,900	4,000	3,900	3,900	4,000
4,900	4,900	4,999	4,900	4,900	5,000
5,900	5,900	5,998	5,900	5,900	6,000
6,899	6,899	6,997	6,899	6,899	7,000
7,898	7,898	7,996	7,898	7,898	8,000
8,891	8,865	7,569	8,712	8,447	8,897
8,411	8,381	8,269	8,352	8,322	8,498
9,107	9,075	8,949	9,043	9,011	9,200
9,783	9,749	9,610	9,716	9,682	9,882
10,440	10,405	10,254	10,370	10,334	10,545
11,081	11,044	10,881	11,007	10,969	11,190
11,705	11,666	11,493	11,628	11,589	11,819
12,314	12,274	12,090	12,234	12,194	12,433
12,907	12,866	12,672	12,824	12,783	13,031
13,487	13,444	13,242	13,401	13,359	13,615
14,055	14,011	13,802	13,967	13,923	14,186
14,613	14,568	14,352	14,523	14,478	14,746
15,160	15,115	14,892	15,069	15,023	15,297
15,700	15,653	15,426	15,607	15,560	15,839
16,232	16,185	15,953	16,138	16,090	16,373
16,861	16,824	16,754	16,806	16,804	17,373

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-14 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-13 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-12 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-11 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-10 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	0,994	0,999	0,900	0,900	0,900
2,000	1,982	1,996	1,900	1,900	1,900
3,000	2,982	2,996	2,900	2,900	2,900
4,000	3,963	3,994	3,900	3,900	3,900
5,000	4,963	4,994	4,900	4,900	4,900
6,000	5,950	5,991	5,900	5,900	5,900
7,000	6,950	6,991	6,900	6,900	6,900
8,000	7,922	7,989	7,900	7,900	7,900
8,896	8,894	8,897	8,900	8,896	8,894
8,469	8,440	8,498	8,498	8,469	8,440
9,169	9,138	9,200	9,200	9,169	9,138
9,849	9,816	9,882	9,882	9,849	9,816
10,510	10,475	10,545	10,545	10,510	10,475
11,154	11,117	11,190	11,190	11,154	11,117
11,781	11,743	11,819	11,819	11,781	11,743
12,393	12,354	12,433	12,433	12,393	12,354
12,990	12,949	13,031	13,031	12,990	12,949
13,572	13,530	13,615	13,615	13,572	13,530
14,142	14,099	14,186	14,186	14,142	14,099
14,702	14,657	14,746	14,746	14,702	14,657
15,252	15,206	15,297	15,297	15,252	15,206
15,792	15,746	15,839	15,839	15,792	15,746
16,326	16,279	16,373	16,373	16,326	16,279
17,326	17,264	17,367	16,901	16,886	16,851
P-1 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-44 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-45 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-16 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
3,999	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
4,998	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
5,997	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
6,995	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
7,994	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
7,540	8,897	8,898	8,898	8,898	9,000
8,238	8,498	9,447	9,712	9,167	9,999
8,916	9,200	9,322	9,352	9,292	10,998
9,575	9,882	10,011	10,043	9,979	11,998

versión 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 3 of 7

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-1 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-44 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-45 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-16 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
10,217	10,545	10,682	10,716	10,648	12,996
10,843	11,190	11,334	11,370	11,298	13,994
11,454	11,819	11,969	12,007	11,932	14,991
12,049	12,433	12,589	12,628	12,550	15,989
12,630	13,031	13,194	13,234	13,153	16,985
13,199	13,615	13,783	13,824	13,741	17,986
13,757	14,186	14,359	14,402	14,316	18,982
14,306	14,746	14,923	14,967	14,879	19,978
14,846	15,302	15,483	15,528	15,439	20,973
15,379	15,844	16,028	16,074	15,984	21,973
15,906	16,378	16,565	16,612	16,520	22,973
16,675	17,378	17,565	17,610	17,520	23,973
P-48 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-22 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-5 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-69 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-68 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-67 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,013	0,043	0,043	0,043
1,000	1,000	0,940	0,979	0,991	0,997
2,000	1,999	1,900	1,922	1,980	1,992
2,999	2,999	2,900	2,806	2,923	2,988
3,997	3,998	3,900	3,650	3,809	3,956
4,995	4,998	4,900	4,458	4,655	4,863
5,993	5,996	5,899	5,237	5,464	5,725
6,991	6,996	6,899	5,990	6,245	6,550
7,991	7,995	7,898	6,720	6,998	7,342
7,511	8,894	8,167	7,331	7,361	7,392
8,207	8,440	8,292	8,015	8,047	8,079
8,883	9,138	8,979	8,679	8,714	8,748
9,540	9,816	9,648	9,326	9,362	9,398
10,181	10,475	10,298	9,957	9,995	10,032
10,805	11,117	10,932	10,572	10,611	10,650
11,414	11,743	11,550	11,172	11,213	11,253
12,007	12,354	12,153	11,757	11,799	11,841
12,587	12,949	12,741	12,329	12,372	12,416
13,155	13,530	13,316	12,891	12,935	12,979
13,713	14,099	13,879	13,442	13,488	13,533
14,260	14,657	14,433	13,985	14,031	14,077
14,800	15,206	14,977	14,520	14,567	14,613
15,332	15,746	15,513	15,048	15,096	15,143
15,858	16,279	16,043	15,571	15,619	15,667
16,620	17,277	16,790	16,098	16,173	16,281

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-66 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-43 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-65 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-64 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-28 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-41 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,999	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
1,996	2,000	1,999	2,000	1,900	2,000
2,992	3,000	2,997	2,999	2,900	3,000
3,989	4,000	3,995	3,996	3,800	4,000
4,976	5,000	4,993	4,994	4,800	5,000
5,895	6,000	5,985	5,992	5,800	6,000
6,768	7,000	6,941	6,991	6,800	7,000
7,601	8,000	7,842	7,986	7,800	8,000
7,422	8,898	7,452	7,481	8,798	9,000
8,111	9,447	8,143	8,175	9,067	10,000
8,782	9,322	8,816	8,849	9,192	11,000
9,434	10,011	9,470	9,505	9,879	11,977
10,069	10,682	10,107	10,144	10,548	12,977
10,689	11,334	10,728	10,766	11,198	13,977
11,294	11,969	11,334	11,374	11,832	14,977
11,883	12,589	11,924	11,966	12,450	15,936
12,459	13,194	12,501	12,544	13,053	16,891
13,023	13,783	13,067	13,111	13,641	17,891
13,578	14,359	13,623	13,668	14,216	18,835
14,123	14,923	14,169	14,215	14,779	19,773
14,660	15,483	14,707	14,753	15,338	20,707
15,190	16,028	15,238	15,285	15,882	21,707
15,715	16,565	15,763	15,810	16,418	22,707
16,377	17,564	16,493	16,590	17,180	23,707

P-7 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-42 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-38 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
0,900	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
1,900	2,000	2,000	2,000	1,900	2,000
2,900	3,000	3,000	3,000	2,900	3,000
3,900	4,000	4,000	4,000	3,900	4,000
4,900	5,000	5,000	5,000	4,900	5,000
5,900	6,000	6,000	5,999	5,900	6,000
6,900	7,000	7,000	6,998	6,900	7,000
7,900	8,000	8,000	7,997	7,900	8,000
8,712	8,898	8,898	7,652	8,865	8,898
8,352	9,167	9,447	8,331	8,381	8,813
9,043	9,292	9,322	9,015	9,075	9,261
9,716	9,979	10,011	9,679	9,749	9,947

versión 3.0.wtg
29/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update: 1
[10.01.00.72]
Page 5 of 7

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

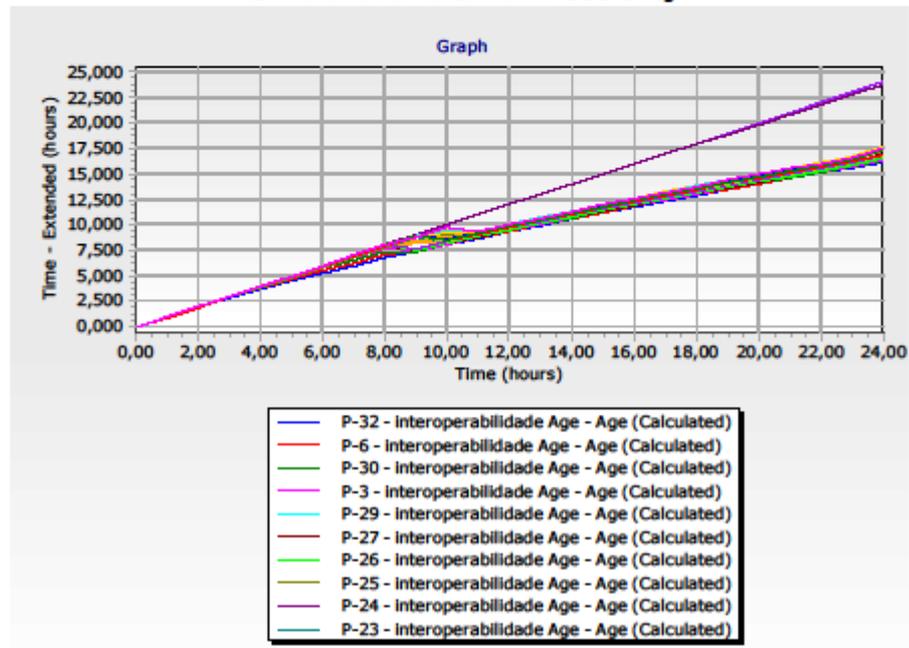
Licensed for Academic Use Only

P-7 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-42 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-38 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)
10,370	10,648	10,682	10,326	10,405	10,614
11,007	11,298	11,334	10,957	11,044	11,262
11,628	11,932	11,969	11,572	11,666	11,895
12,234	12,550	12,589	12,172	12,274	12,511
12,824	13,153	13,194	12,757	12,866	13,113
13,401	13,741	13,783	13,329	13,444	13,699
13,967	14,316	14,359	13,891	14,011	14,272
14,523	14,879	14,923	14,442	14,568	14,835
15,069	15,438	15,484	14,985	15,115	15,392
15,607	15,982	16,030	15,520	15,653	15,936
16,138	16,518	16,567	16,048	16,185	16,472
16,806	17,518	17,567	16,798	16,806	17,471
P-37 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-36 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-9 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-34 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	P-33 - interoperabilidad e Age - Age (Calculated) (hours)	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	
1,000	1,000	0,900	1,000	1,000	
2,000	2,000	1,900	2,000	2,000	
3,000	3,000	2,900	3,000	3,000	
4,000	4,000	3,900	4,000	4,000	
5,000	5,000	4,900	4,999	5,000	
6,000	6,000	5,900	5,999	6,000	
7,000	7,000	6,900	6,999	7,000	
8,000	8,000	7,900	7,998	7,999	
8,898	8,897	8,891	8,896	8,798	
8,813	8,552	8,411	8,469	9,765	
9,261	9,231	9,107	9,169	9,281	
9,947	9,915	9,783	9,849	9,975	
10,614	10,579	10,440	10,510	10,649	
11,262	11,226	11,081	11,154	11,305	
11,895	11,857	11,705	11,781	11,944	
12,511	12,472	12,314	12,393	12,566	
13,113	13,072	12,907	12,990	13,174	
13,699	13,657	13,487	13,572	13,766	
14,272	14,229	14,055	14,142	14,344	
14,835	14,791	14,613	14,702	14,911	
15,392	15,347	15,160	15,256	15,480	
15,936	15,890	15,700	15,797	16,028	
16,472	16,425	16,232	16,331	16,566	
17,472	17,425	16,837	17,331	17,566	

Tempo de retenção hidráulico para o dia de máximo consumo no cenário de expansão

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only



Tempo de retenção hidráulico no dia de menor consumo no cenário base

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

Time (hours)	P-32 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-6 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-30 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-3 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-29 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,04	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,00	2,000	1,999	2,000	2,000	2,000
3,00	3,000	2,993	3,000	3,000	2,939
4,00	4,000	3,991	4,000	4,000	3,901
5,00	4,901	4,983	5,000	5,000	4,901
6,00	5,901	5,983	5,999	6,000	5,900
7,00	6,901	6,976	6,999	7,000	6,900
8,00	7,900	7,976	7,997	8,000	7,900
9,00	8,900	8,970	8,997	9,000	8,900
10,00	9,900	9,970	9,997	10,000	9,900
11,00	10,900	10,968	10,997	11,000	10,900
12,00	11,900	11,962	11,996	12,000	11,900
13,00	12,900	12,960	12,996	13,000	12,900
14,00	13,900	13,952	13,995	14,000	13,894
15,00	14,801	14,950	14,994	15,000	14,800
16,00	15,800	15,948	15,992	16,000	15,800
17,00	16,800	16,942	16,992	17,000	16,800
18,00	17,800	17,940	17,989	18,000	17,800
19,00	18,800	18,932	18,989	19,000	18,800
20,00	19,800	19,925	19,989	20,000	19,800
21,00	20,800	20,924	20,987	21,000	20,800
22,00	21,800	21,917	21,987	22,000	21,800
23,00	22,800	22,915	22,986	23,000	22,800
24,00	23,800	23,914	23,984	24,000	23,800

P-27 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,038	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
0,906	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,900	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
2,900	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
3,900	4,000	4,000	4,000	4,000	3,950
4,900	5,000	5,000	5,000	4,998	4,901
5,900	6,000	6,000	6,000	5,992	5,901
6,900	7,000	7,000	7,000	6,986	6,901
7,900	8,000	8,000	8,000	7,979	7,900
8,900	9,000	9,000	9,000	8,973	8,900
9,900	10,000	10,000	10,000	9,967	9,900
10,900	11,000	11,000	11,000	10,945	10,900
11,900	12,000	12,000	12,000	11,923	11,900
12,900	13,000	13,000	13,000	12,902	12,900
13,800	13,900	14,000	13,900	13,900	13,900
14,800	14,900	14,999	14,900	14,900	14,801

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-27 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-26 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-25 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-24 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-23 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-31 - Age - Age (Calculated) (hours)
15,800	15,900	15,998	15,900	15,900	15,800
16,800	16,900	16,998	16,900	16,900	16,800
17,800	17,900	17,996	17,900	17,900	17,800
18,800	18,900	18,996	18,900	18,900	18,800
19,800	19,900	19,995	19,900	19,900	19,800
20,800	20,900	20,995	20,900	20,900	20,800
21,800	21,900	21,995	21,900	21,900	21,800
22,800	22,900	22,994	22,900	22,900	22,800
23,800	23,900	23,992	23,900	23,900	23,800
P-21 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-20 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-2 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-19 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-18 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-17 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	1,945	1,900	2,000
3,000	2,941	3,000	2,903	2,900	3,000
3,961	3,902	4,000	3,900	3,900	4,000
4,902	4,901	5,000	4,900	4,900	5,000
5,901	5,900	6,000	5,900	5,900	6,000
6,901	6,900	7,000	6,900	6,900	7,000
7,900	7,900	8,000	7,900	7,900	8,000
8,900	8,900	9,000	8,900	8,900	9,000
9,900	9,900	10,000	9,900	9,900	10,000
10,900	10,900	11,000	10,900	10,900	11,000
11,900	11,900	12,000	11,900	11,900	12,000
12,900	12,900	13,000	12,900	12,900	13,000
13,900	13,900	14,000	13,900	13,900	14,000
14,900	14,900	15,000	14,900	14,900	15,000
15,900	15,900	16,000	15,900	15,900	16,000
16,900	16,900	17,000	16,900	16,900	17,000
17,900	17,900	18,000	17,900	17,900	18,000
18,900	18,900	19,000	18,900	18,900	19,000
19,900	19,900	20,000	19,900	19,900	20,000
20,900	20,900	21,000	20,900	20,900	21,000
21,900	21,900	22,000	21,900	21,900	22,000
22,900	22,900	23,000	22,900	22,900	23,000
23,900	23,900	24,000	23,900	23,900	24,000
P-15 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-14 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-12 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-11 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-10 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

versão 3.0.wtg
30/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 2 of 6

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-15 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-14 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-13 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-12 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-11 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-10 - Age - Age (Calculated) (hours)
4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000
17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000
18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000
20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000

P-1 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,041
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,902
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,900
4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	3,900
5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	4,900
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,900
7,000	7,000	7,000	7,000	6,998	6,900
8,000	8,000	8,000	8,000	7,998	7,900
9,000	9,000	9,000	9,000	8,996	8,900
10,000	10,000	10,000	10,000	9,996	9,900
11,000	11,000	11,000	11,000	10,996	10,900
12,000	12,000	12,000	12,000	11,995	11,900
13,000	13,000	13,000	13,000	12,995	12,900
14,000	14,000	14,000	14,000	13,992	13,900
15,000	15,000	15,000	15,000	14,990	14,900
16,000	16,000	16,000	16,000	15,988	15,900
17,000	17,000	17,000	17,000	16,988	16,900
18,000	18,000	18,000	18,000	17,987	17,900
19,000	19,000	19,000	19,000	18,987	18,900
20,000	20,000	20,000	19,999	19,987	19,900

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-1 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-35 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-39 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-48 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-22 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-5 - Age - Age (Calculated) (hours)
21,000	21,000	21,000	20,988	20,986	20,900
21,994	22,000	22,000	21,636	21,986	21,900
22,916	23,000	23,000	21,861	22,985	22,900
23,869	24,000	24,000	22,585	23,984	23,900
P-69 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-68 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-67 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-66 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-65 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-64 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,985	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
2,952	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
3,891	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
4,794	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
5,659	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
6,484	6,995	7,000	7,000	7,000	7,000
7,277	7,981	8,000	8,000	8,000	8,000
8,043	8,952	9,000	9,000	9,000	9,000
8,784	9,905	10,000	10,000	10,000	10,000
9,011	10,550	11,000	11,000	11,000	11,000
9,608	10,869	11,990	12,000	12,000	12,000
10,267	11,175	12,853	13,000	13,000	13,000
10,913	11,652	13,459	14,000	14,000	14,000
11,488	12,201	13,609	14,971	15,000	15,000
12,092	12,715	13,759	15,471	16,000	16,000
12,710	13,283	14,222	15,352	16,897	17,000
13,321	13,896	14,740	15,618	17,443	18,000
13,925	14,510	15,303	16,128	17,724	19,000
14,604	15,235	16,027	16,779	18,151	19,932
15,211	15,953	16,758	17,462	18,624	20,504
15,799	16,629	17,486	18,182	19,217	20,688
16,383	17,256	18,212	18,914	19,886	20,950
17,234	18,139	19,132	19,836	20,793	21,815
P-28 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-41 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-7 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
0,970	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,916	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
2,901	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
3,901	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
4,900	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
5,900	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
6,900	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
7,900	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000

versão 3.0.wtg
30/10/2018

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods
Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666
Licensed for Academic Use Only
Licensed for Academic Use Only

WaterGEMS CONNECT Edition Update 1
[10.01.00.72]
Page 4 of 6

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

P-28 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-41 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-7 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-40 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-4 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-8 - Age - Age (Calculated) (hours)
8,900	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,900	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
10,900	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
11,900	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
12,900	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
13,809	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
14,800	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
15,800	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000
16,800	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000
17,800	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
18,800	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000
19,800	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
20,800	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
21,800	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
22,800	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
23,800	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
P-38 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-37 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-36 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-9 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-34 - Age - Age (Calculated) (hours)	P-33 - Age - Age (Calculated) (hours)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	12,999
14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	13,999
15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	14,999
16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	15,999
17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	16,999
18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	17,999
19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	18,999
20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	19,999
21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	20,999
22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	21,999
23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	22,999
24,000	24,000	24,000	24,000	23,998	23,999

Tempo de retenção Hidraulico para o dia de menor consumo no cenário base

Licensed for Academic Use Only

Licensed for Academic Use Only

