



ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE GESSO

LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF A WATER TREATMENT PLANT FOR GYPSUM BOARDS PRODUCTION

Inês Nunes ^a, Paulo Gomes ^b, Ana Vieira ^c, Hugo Raposo ^d, José Torres Farinha ^e

^aISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; inunes050499@gmail.com

^bISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; paulojsqm@gmail.com

^cISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; avieira@isec.pt

^dISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, CEMMPRE – Centre for Mechanical Engineering, Materials and Processes, EIGES – Research Centre in Industrial Engineering, Management and Sustainability, Universidade Lusófona; hugo.raposo@isec.pt

^eISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, CEMMPRE – Centre for Mechanical Engineering, Materials and Processes; farinha@isec.pt

RESUMO

Vivemos atualmente um período de alguma incerteza para as empresas, com uma escalada dos custos energéticos e uma escassez de matérias-primas. Simultaneamente, a sociedade é assombrada por sinais económicos que indicam períodos de menor fulgor, no que ao investimento diz respeito. Perante este cenário, as empresas terão de se ajustar, procurando estratégias que lhes permitam ser mais eficientes na utilização dos seus recursos, nomeadamente na gestão dos seus ativos físicos. Este artigo propõe soluções para melhorar as práticas da Gestão de Ativos numa Estação de Tratamento de Água (ETA) associada a uma linha de produção de placas de gesso, na qual a gestão do seu ciclo de vida é estratégico para a Organização. Nesta perspetiva foi realizado um estudo do seu Custo do Ciclo de Vida de forma a avaliar a viabilidade do projeto e a permitir atuar sobre as diversas fases do seu ciclo de vida, visando avaliar quais e quando os custos são mais elevados, com o objetivo de os minimizar. Foram apurados todos os custos associados ao ciclo de vida da Estação de Tratamento de Água, permitindo a identificação e atuação sobre as categorias de custos mais elevados, de forma a combatê-las. Através deste estudo, também foi possível concluir que o projeto da Estação de Tratamento de Água permite que a empresa poupe cerca de 232.784,29 € por ano.

Palavras-Chave: Gestão de ativos, Custo do Ciclo de Vida, Estação de Tratamento de Águas.

ABSTRACT

We are currently living in a period of some uncertainty for companies, with escalating energy costs and a shortage of raw materials. Simultaneously, society is haunted by economic signals that indicate periods of less boom, as far as investment is concerned. Faced with this scenario, companies will have to adjust, seeking strategies that allow them to be more efficient in the use of their resources, particularly in the management of their physical assets. This article proposes solutions to improve Asset Management practices in a Water Treatment Plant (WTP) associated with a plasterboard production line, in which the management of its life cycle is strategic for the Organization. In this perspective, a study of its Life Cycle Cost was carried out in order to assess the project's viability and to allow for action on the various phases of its life cycle, aiming to assess which and when costs are higher, with the goal of minimizing them. All costs associated with the life cycle of the Water Treatment Plant were calculated, allowing the identification and action on the highest cost categories, in order to combat them. Through this study, it was also possible to conclude that the Water Treatment Plant project allows the company to save around 232,784.29 € per year.

Keywords: Asset Management, Life Cycle Cost, Water Treatment Plant.

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar.

Histórico:

Submissão | Received: 01/07/2022

Aprovação | Accepted: 22/09/2022

Publicação | Published: 00/00/000



Todo o conteúdo da RAE – Revista de Ativos de Engenharia é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.

1. Introdução

Nas últimas décadas, os mercados vão mostrando, cada vez mais, uma feroz competitividade à medida que surgem cada vez maiores exigências de produtos e serviços personalizados. O essencial para uma organização se manter competitiva é a capacidade de criar estratégias de adaptação e de gestão de recursos, envolvendo previsões para o futuro, tendo sempre em consideração o mercado, produto e cliente. O aumento dos requisitos de qualidade, a rapidez da evolução tecnológica e a dificuldade de financiamento criam conflitos de interesses que sem uma estrutura e uma metodologia adequada podem originar graves problemas numa organização. Assim, é necessário que os gestores zelem pelas organizações, ativos, recursos e colaboradores, assegurando a sua capacidade na manutenção da produtividade.

O desempenho, a qualidade e a disponibilidade da linha de produção são uma prioridade para as organizações, visto que uma falha de um equipamento pode provocar grandes implicações organizacionais e financeiras, causando variações na taxa de produção e na qualidade do produto. Tendo em conta a importância de uma boa gestão da disponibilidade e uso dos equipamentos, do uso dos recursos disponíveis e da manutenção dos equipamentos, é imprescindível para as empresas ter uma Gestão de Ativos (GA) competente. A GA deve ser suportada num modelo construído com diversas visões integradas, tais como, manutenção, qualidade, segurança, meio ambiente, melhoria contínua, processos produtivos, capacitação e aprendizagem contínua, tendo como principal foco otimizar o desempenho dos ativos ao menor custo possível, cumprindo com os objetivos organizacionais. A GA possibilita a escolha das melhores práticas para a organização, de um ponto de vista operacional, estratégico e financeiro, tendo em conta as necessidades de cada organização e os

recursos de investimento sempre limitados (Coelho, 2015). Na tomada de decisão e na definição de estratégias da GA, deve-se ter em conta todo o ciclo de vida dos ativos, desde a sua aquisição até à fase de fim de vida, uma vez que a análise de todas as fases de vida é essencial para que se obtenha uma visão global das oportunidades, dos riscos, das necessidades e do desempenho de cada ativo. Os equipamentos industriais são peças fundamentais para o bom funcionamento de uma organização industrial e a sua gestão deve ter como foco que estes operem na sua máxima disponibilidade e eficiência. É crucial que se estude o ciclo de vida dos ativos, o que implica uma adequada seleção dos ativos, uma adequada operação e manutenção e, no fim da sua vida, uma decisão apropriada para a renovação ou retirada de funcionamento (Raposo & Farinha, 2020). A avaliação e otimização económica do ciclo de vida de um ativo, desde a sua aquisição até à sua eliminação, resulta em benefícios significativos e poupanças atrativas. A perceção dos benefícios que resultam da utilização de uma abordagem global do ciclo de vida dos ativos leva a que surja o conceito de Custo do Ciclo de Vida (CCV), (Matos, 2016). De acordo com Langdon (2007), a análise do CCV permite identificar e minimizar os custos do ciclo de vida dos ativos, de forma a sinalizar as áreas onde existe ou não acréscimo de valor ao ativo, permitindo assim intervir nos pontos onde não há acréscimo de valor e que possam constituir um objetivo de melhoria contínua.

Neste artigo, de forma a assegurar o bom funcionamento e boa gestão da ETA, com os menores custos possíveis para a empresa Gyptec, realizou-se o cálculo e análise do CCV do ativo, que possibilita a implementação de melhorias significativas na GA, tais como a identificação de custos e possíveis otimizações, a definição de prioridades de intervenção e de estratégias de utilização.

2. Enquadramento

2.1. Gestão do Ciclo de Vida dos Ativos

Os ativos físicos, devido ao desgaste, perdem valor ao longo da sua vida útil podendo chegar a tornarem-se obsoletos. Assim, as organizações devem centrar-se na rentabilização do valor dos ativos durante o respetivo ciclo de vida. A GA é definida, na ISO 55000, como uma “atividade coordenada de uma organização para perceber e produzir valor a partir dos ativos”, sendo que a perceção e a produção de valor envolve, normalmente, o balanço de custos, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho (ISO, 2014).

Devido ao crescente aumento das exigências de entidades reguladoras nas várias áreas de aplicação, a necessidade de otimização da GA é cada vez maior.

Os responsáveis pela GA devem ser capazes de usar os seus ativos de modo a satisfazer as exigências das partes interessadas e de optar por práticas que melhor convêm à organização, de um ponto de vista operacional, estratégico e financeiro (Coelho, 2015). A GA possibilita que uma organização analise a necessidade e o desempenho dos ativos e dos sistemas de ativos a diferentes níveis, de forma a aplicar abordagens analíticas de gestão em diferentes estágios do seu ciclo de vida, que pode começar na perceção da necessidade do ativo até à sua alienação (ISO, 2014). Decisões, planos e atividades relacionadas com a GA são

realizadas com base num ciclo de aprendizagem, que constantemente monitoriza e revê o desempenho dos ativos decorrente de decisões passadas, fornecendo informação sobre a evolução dos riscos e oportunidades, que irá servir de apoio a decisões futuras (Pais et al., 2019). A otimização dos processos da GA e a minimização do custo do ciclo de vida dos ativos, de modo a permitir decidir quais os ativos necessários para o cumprimento dos objetivos organizacionais, é uma necessidade comum a todas as organizações (ISO, 2014).

O ciclo de vida de um ativo, segundo Pais et al. (2019), é definido como o período em que uma entidade pode utilizar um ativo de forma economicamente eficaz e eficiente para promover a prestação de serviços. Este período abrange todas as fases da vida de um ativo: aquisição, operação, manutenção e eventual alienação. É necessário um acompanhamento e uma análise permanente durante o ciclo de vida dos ativos para que estes operem na sua máxima disponibilidade e eficiência (Raposo & Farinha, 2020). Portanto, é crucial que seja realizada uma análise ao ciclo de vida dos ativos, o que implica uma adequada seleção dos ativos, uma adequada operação e manutenção e, no fim da sua vida, uma decisão apropriada sobre a renovação ou retirada de funcionamento (Raposo & Farinha, 2020).

2.2. Custo do Ciclo de Vida do Ativo

O CCV de um ativo é o custo decorrente de todo o seu ciclo de vida, desde o Custo de Aquisição (CA), passando pelo Custo de Operação (CO), Custo de Manutenção (CM) e Custo de Fim de Vida (CFV), ou seja, abrange todas as despesas consideráveis durante o período de posse do ativo (Langdon, 2007).

A análise do CCV, segundo Langdon (2007), é uma ferramenta para avaliar o desempenho do custo total de um ativo ao longo do tempo, de forma a avaliar diferentes cenários de investimentos, entre vários projetos e entre várias especificações, de maneira a atingir as expectativas do cliente. O principal objetivo da análise do CCV é identificar e minimizar os custos do ciclo de vida dos ativos, de forma a

sinalizar as áreas onde existe ou não acréscimo de valor ao ativo, permitindo assim intervir nos pontos onde não há acréscimo de valor e que possam constituir um objetivo de melhoria contínua. A análise do CCV pode ser realizada durante qualquer etapa do ciclo de vida de um ativo, uma vez que fornece informação para as decisões relacionadas com o projeto, compra, operação, manutenção e com o desmantelamento do ativo. A complexidade da análise deve refletir a complexidade dos ativos a analisar, permitindo obter uma estimativa dos custos e da importância destes na tomada de decisões da organização (Dionísio, 2020). A análise do CCV é aplicada de forma mais eficaz na fase inicial do projeto, uma vez que pode

impedir que se tome uma decisão errada de aquisição de um ativo, evitando que a organização sofra com as consequências dessa decisão. No entanto, a análise também pode ser realizada durante qualquer fase do ciclo de vida do ativo, com o objetivo de identificar áreas de incerteza e risco significativos, servindo de apoio para qualquer tomada de decisão (Pais et al., 2020).

Como a análise do CCV de um ativo é uma previsão do futuro, geralmente, são utilizados diferentes métodos para realizar as estimativas de custos. Neste tipo de análise e, em particular, na tomada de decisão de aquisição, substituição ou eliminação de um ativo, devem ser tidos em consideração os métodos de investimento. De forma a estimar o período completo da vida útil do ativo em análise é necessário determinar o momento certo de substituição do ativo. Existem modelos matemáticos que nos permitem fazer a caracterização adequada de forma a determinar o momento certo para substituir o ativo. As variáveis utilizadas na tomada de decisão de substituição baseiam-se em dados históricos, à exceção do valor de eliminação do ativo, que terá de ser obtido através dos valores de mercado para cada ativo específico; essas variáveis são (Raposo et al., 2017):

1.Custo de Aquisição – CA;

2.Custo de Fim de Vida – CFV;

3.Custo de Operação – CO;

4.Custo de Manutenção – CM;

5.Taxa de Inflação – θ ;

6.Taxa de Capitalização.

O decreto regulamentar nº25/2009, de 14 de setembro, corresponde ao regime regulamentar das depreciações e amortizações e estabelece o método de depreciação adequado, bem como as taxas de depreciação e amortização, para cada ativo do imobilizado (Pereira et al., 2021). Em alternativa a este decreto-lei podem utilizar-se vários tipos de métodos de desvalorização (Raposo et al., 2017):

1.Método Linear de Depreciação – a desvalorização do ativo é constante ao longo dos anos;

2.Método da Soma dos Dígitos – a desvalorização anual não é linear;

3.Método Exponencial – a taxa de depreciação anual é decrescente ao longo da vida útil do ativo;

4.Outro método, usualmente utilizado para estimar o momento certo de substituição é o método da “vida útil”, que define que a vida útil de um equipamento termina quando os custos de manutenção superam os custos de manutenção acrescidos da amortização do capital de um novo equipamento equivalente (Farinha (2011); Farinha (2018); Raposo et al. (2021)).

3. Caso de Estudo

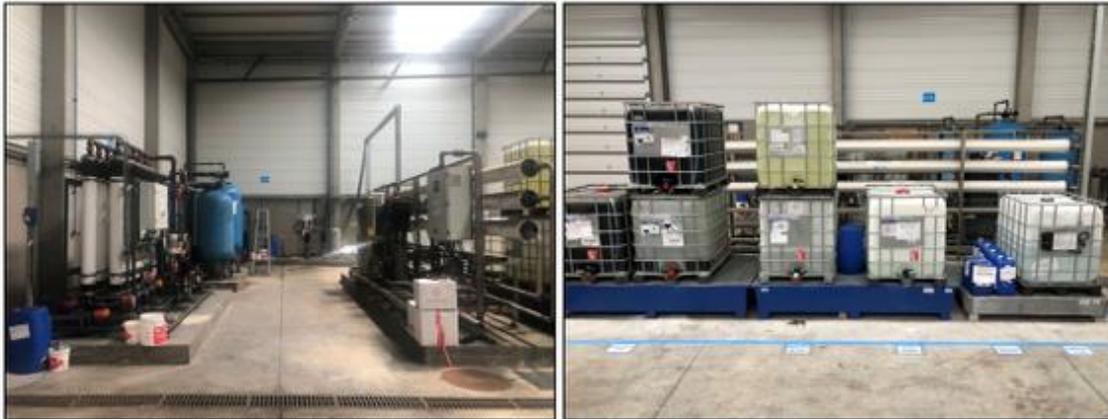
O presente estudo é realizado na Gyptec Ibérica – Gessos Técnicos S.A., cuja atividade é a produção de placas de gesso. O processo produtivo da Gyptec consiste, numa fase inicial, na britagem do gesso, para diminuição e homogeneização da granulometria em dimensões utilizáveis nas fases seguintes. Depois de calcinado, o gesso é conduzido ao mixer, que é o dispositivo onde são misturados os vários componentes da receita necessários à formação da massa de fabrico da placa de gesso, que será depositada sobre papel. O mixer é alimentado de gesso, água e restantes aditivos, sendo a água proveniente da ETA.

Após a formação da placa, esta é conduzida ao longo de uma tela, de maneira a endurecer para que se possa proceder ao seu corte. Depois de cortada no comprimento desejado, a placa segue para o secador e, posteriormente para a zona do corte final, onde o objetivo é o apuramento da qualidade final do corte, quer em termos de aspeto quer providenciando à placa a esquadria desejada. À saída do corte final, as placas são depositadas sobre as correias de paletização, onde ocorre o embalamento das placas em paletes. Finalizado este procedimento a paleta de produto acabado é levada para o armazém pelo operador.

Assim, uma das matérias-primas com mais relevância no processo produtivo de placas de gesso Gyptec é a água, sendo assim importante garantir que exista na quantidade e qualidade desejadas. A água utilizada no processo resulta de captações subterrâneas que, situando-se a empresa numa zona de águas estuarinas, ou seja, numa zona onde se junta a água do rio e do mar, têm já, normalmente, características de uma água salobra (Ribeiro, 2008), caracterizada por ter uma elevada carga iónica, sólidos suspensos e matéria orgânica, pelo que, para a sua utilização no processo é necessário que esta passe por uma ETA. Sendo os cloretos extremamente prejudiciais ao processo, o principal objetivo da instalação desta ETA passa pela sua remoção,

através da osmose inversa. No entanto, para operacionalizar este equipamento, é necessária a passagem da água por uma série de outros dispositivos precedentes, de forma a não colmatar as membranas de osmose, a saber: a completa instalação da ETA comporta injeções de hipoclorito de sódio e biocida, filtros milipor, filtros de mídia (filtros utilizados na remoção de grandes quantidades de sólidos suspensos na água), ultrafiltração, microfiltros e osmose inversa. O funcionamento destes equipamentos implica, também ele, a utilização de aditivos, como sejam o redutor de metais, o inibidor de cloro, o ácido cítrico e produtos compostos específicos para limpeza química de membranas, quer da ultrafiltração quer da osmose inversa.

Figura 1 – Estação de Tratamento de Águas (ETA)



Para a Gyptec é de extrema importância que seja feita uma boa gestão da ETA e de todas as atividades nela decorrentes, visto ser um ativo com bastante influência no processo produtivo. Com a falta de registos das operações realizadas na ETA e dos consumíveis utilizados no seu funcionamento, torna-se difícil fazer uma boa gestão do ativo, uma vez que o

controlo, tanto das operações como dos consumíveis utilizados, é fundamental. Com a monitorização do processo da ETA e da otimização da sua gestão, é possível melhorar o aproveitamento dos recursos utilizados, reduzir desperdícios e, principalmente, gerar oportunidades de minimização de custos.

4. Metodologia e Métodos

4.1. Custo do Ciclo de Vida do Ativo

A metodologia adotada para o cálculo do CCV consiste nos seguintes passos principais: realização de uma estimativa para a vida útil da ETA, que passa por calcular os CA e CM, pois é através destes que se estima a vida útil do

ativo, como será explicado mais adiante; cálculo dos CO; cálculo dos CFV; e, por fim, com todos os valores anteriores calculados, calcular o CCV da ETA, através da Equação 1.

$$CCV = CA + CO + CM + CFV \quad (1)$$

4.1.1. Considerações iniciais

No cálculo do CCV da ETA estimam-se todos os custos, considerando a evolução dos índices de preços atualizados, a atualização salarial e as taxas de juro. Assim, considera-se uma taxa de

inflação de $\theta=2,5\%$, uma taxa de atualização salarial de $\mu=4\%$ e uma taxa de capitalização de $i=3,5\%$.

4.1.2. Cálculo de Vida Útil

Para o cálculo da vida útil da ETA são necessários vários dados, tais como os CA e os CM, uma vez que a vida útil de um equipamento termina quando os CM acumulados ultrapassam os CM mais os custos de amortização do capital de um equipamento novo equivalente, ou seja, quando (Farinha (2011); Farinha (2018); Raposo et al. (2021)):

$$\sum_{j=1}^n \frac{CM_j}{(1+i_A)^j} > CA + \frac{CM_j}{(1+i_A)^j} \quad (2)$$

Onde, CM_j são os CM no ano $j=1,2,3,\dots,n$; i_A é a taxa aparente; e j é o número de anos $j=1,2,3,\dots,n$. Sendo, $i_A=i+\theta+i\times\theta$, em que i é a taxa de capitalização e θ é a taxa de inflação.

Dado que a ETA se encontra em fase de exploração, os CA relacionados com os custos do projeto, do planeamento, da montagem e da compra de todo o sistema, são considerados com o valor atribuído nas faturas de compra de toda a estrutura da ETA.

Os CM consistem na soma do valor das peças suplentes, da mão de obra, dos contratos de manutenção e dos consumíveis utilizados, tanto químicos (aditivos para limpeza) como elementos de filtragem (membranas, filtros e mídia). O valor gasto em peças suplentes, no primeiro ano de funcionamento da ETA, foi de, aproximadamente, 200€, sendo que, a cada ano que passa, se considera que, devido ao natural desgaste das peças com o tempo, estes custos aumentem em 10%, logo, a necessidade de peças suplentes aumenta, igualmente, 10%.

4.1.3. Cálculos dos Custos de Operação

Os CO englobam os custos dos consumíveis utilizados no tratamento da água e o custo de energia associado ao funcionamento da ETA. Os custos anuais dos consumíveis utilizados são calculados através da multiplicação do preço por quilograma com a quantidade utilizada por ano. Por exemplo, o custo anual do hipoclorito de sódio é de 10.080€, uma vez que o preço deste consumível é de 0,28€ por

Relativamente ao custo com a mão de obra nas ações de manutenção, o valor é cerca de 1.200€ por ano, sendo que ao longo dos anos é aplicada a taxa de atualização salarial de 4%. Quanto aos contratos de manutenção, estes apresentam uma mensalidade de 345€, logo, o custo anual é de 4.140€. Os custos referentes aos consumíveis químicos são determinados através da multiplicação do preço por quilograma do consumível com a quantidade do mesmo utilizada por limpeza e com a quantidade de limpezas que se realizam num ano. Por exemplo, o custo do ácido cítrico é de 806€ por ano, dado que o preço por quilograma é de 1,55€, sendo utilizados 10 kg por limpeza e realizadas limpezas uma vez por semana. O custo dos consumíveis de manutenção, que são membranas, filtros e mídia, são determinados multiplicando o preço unitário dos mesmos pelo número de vezes que são substituídos por ano. Por exemplo, o custo das membranas da osmose é de 7.992€, sendo trocadas de três em três anos. Todos estes cálculos são realizados num período de 20 anos de utilização da ETA, sendo aplicada a taxa de inflação ao longo desses anos, à exceção do cálculo dos custos com a mão de obra.

Após a determinação dos CA e dos CM é possível fazer a comparação apresentada na Equação 2, de forma a determinar a vida útil da ETA, para que, nos cálculos dos restantes custos, se realizem as previsões apenas para a período de vida útil do ativo.

quilograma e a quantidade utilizada de 3.000 kg por mês, ou seja, 36.000 kg por ano.

Para o cálculo do custo de energia, lê-se no contador da ETA o consumo instantâneo de eletricidade em pleno funcionamento. Através dessa leitura, estima-se, para um ano (365 dias) em regime de trabalho de 24 horas, um consumo anual de eletricidade de 160.833,6 kWh, tendo em conta que a ETA trabalha 60% do tempo de operação da fábrica e que a

operação da fábrica decorre em 90% do ano. Depois de estimado o consumo anual de eletricidade é necessário verificar o preço a que se encontra a eletricidade. De acordo com o operador do mercado elétrico designado para a gestão do mercado elétrico diário e intradiário

na Península Ibérica, OMIE, com o valor do mercado diário, de fecho a 22 de abril de 2022, de 86,833 € por MWh, calcula-se o custo anual de energia. Estes dois custos somados determinam os CO por ano.

4.1.4. Cálculo do Custo de Fim de Vida

Os CFV abrangem os custos decorrentes do desmantelamento de todo o sistema da ETA, incluindo os custos de envio dos resíduos para um operador de gestão de resíduos, que venderá o seu serviço, caso estes sigam para abate, ou comprará os resíduos, caso estes possam ser revalorizados. No sistema da ETA, as embalagens contaminadas, nomeadamente

as tubagens, a fibra de vidro e o material filtrante, são resíduos que seguem para abate e, por isso, constituem um custo. Já os motores, o material inox, o material de cobre e a sucata grossa, constituem um ganho, pois são resíduos que são revalorizados. Considerando todos estes ganhos e custos, determina-se o CFV da ETA.

5. Resultados e Discussão

Depois de aplicar a metodologia descrita é possível determinar os valores dos diversos custos a considerar no cálculo do CCV da ETA, nomeadamente os CA, CO, CM e CFV.

Os CA, de acordo com as faturas de compra de toda a estrutura da ETA, correspondem a um

valor de 223.724€. Os CM são calculados para um período de 20 anos de utilização da ETA, resultando nos valores apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Valores anuais dos custos de manutenção

Ano	Peças Supl.	Mão Obra	Contrato Manut.	Ácido Cítrico	Soda Cáustica	Aditivo Alcalino UF	Aditivo Ácido UF	Aditivo Alcalin Osm	Aditivo Ácido Osm
0		1 200,00	4 140,00	806,00	46,00	2 262,00	2 163,20	471,00	356,00
1	200,00	1 248,00	4 243,50	826,15	47,15	2 318,55	2 217,28	482,78	364,90
2	225,00	1 297,92	4 349,59	846,80	48,33	2 376,51	2 272,71	494,84	374,02
3	253,13	1 349,84	4 458,33	867,97	49,54	2 435,93	2 329,53	507,22	383,37
4	284,77	1 403,83	4 569,79	889,67	50,78	2 496,82	2 387,77	519,90	392,96
5	320,36	1 459,98	4 684,03	911,92	52,04	2 559,25	2 447,46	532,89	402,78
6	360,41	1 518,38	4 801,13	934,71	53,35	2 623,23	2 508,65	546,22	412,85
7	405,46	1 579,12	4 921,16	958,08	54,68	2 688,81	2 571,37	559,87	423,17
8	456,14	1 642,28	5 044,19	982,03	56,05	2 756,03	2 635,65	573,87	433,75
9	513,16	1 707,97	5 170,29	1 006,58	57,45	2 824,93	2 701,54	588,21	444,60
10	577,30	1 776,29	5 299,55	1 031,75	58,88	2 895,55	2 769,08	602,92	455,71
11	649,46	1 847,34	5 432,04	1 057,54	60,36	2 967,94	2 838,31	617,99	467,10
12	730,65	1 921,24	5 567,84	1 083,98	61,86	3 042,14	2 909,26	633,44	478,78
13	821,98	1 998,09	5 707,04	1 111,08	63,41	3 118,19	2 982,00	649,28	490,75
14	924,73	2 078,01	5 849,71	1 138,86	65,00	3 196,15	3 056,54	665,51	503,02
15	1 040,32	2 161,13	5 995,95	1 167,33	66,62	3 276,05	3 132,96	682,15	515,59
16	1 170,36	2 247,58	6 145,85	1 196,51	68,29	3 357,95	3 211,28	699,20	528,48
17	1 316,65	2 337,48	6 299,50	1 226,42	69,99	3 441,90	3 291,56	716,68	541,70
18	1 481,23	2 430,98	6 456,99	1 257,08	71,74	3 527,95	3 373,85	734,60	555,24
19	1 666,39	2 528,22	6 618,41	1 288,51	73,54	3 616,15	3 458,20	752,96	569,12
20	1 874,68	2 629,35	6 783,87	1 320,72	75,38	3 706,55	3 544,66	771,79	583,35

Tabela 2 - Valores anuais dos custos de manutenção (continuação da tabela 4)

Ano	Membranas Osm	Membranas UF + Mídia	Filtros Milipor	CM
0			191,36	11 635,56
1			196,14	12 144,45
2			201,05	12 486,78
3	8 606,51		206,07	21 447,43
4		28 147,23	211,23	41 354,73
5			216,51	13 587,22
6	9 268,27		221,92	23 249,11
7			227,47	14 389,18
8		31 069,27	233,15	45 882,41
9	9 980,91		238,98	25 234,63
10			244,96	15 711,99
11			251,08	16 189,17
12	10 748,35	34 294,67	257,36	61 729,57
13			263,79	17 205,60
14			270,39	17 747,91
15	11 574,80		277,15	29 890,05
16		37 854,89	284,07	56 764,47
17			291,18	19 533,07
18	12 464,79		298,46	32 652,92
19			305,92	20 877,41
20		41 784,72	313,57	63 388,63

Depois de apurados os CA e os CM determina-se que a vida útil da ETA é de 15 anos, visto que é nesse ano que os CM acumulados começam a ser superiores aos CM mais os

custos de amortização do capital de um equipamento novo equivalente, tal como se pode observar no gráfico da Figura 2, obtido através da Tabela 3.

Figura 2 - Gráfico de determinação do período de vida útil da ETA

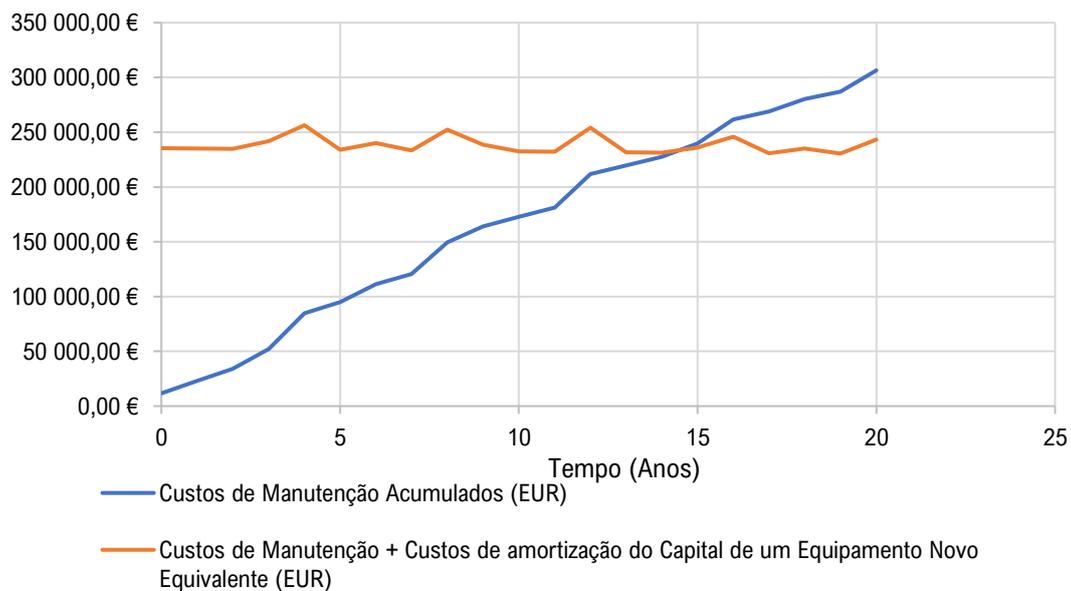


Tabela 3 - Determinação do período de vida útil da ETA

Ano	Custo Aquisição	Custo Manutenção	$\sum_{j=1}^n \frac{CM_j}{(1+i_A)^j}$	$CA + \frac{CM_j}{(1+i_A)^j}$	$CA + \frac{CM_j}{(1+i_A)^j} - \left(\sum_{j=1}^n \frac{CM_j}{(1+i_A)^j} \right)$
0	223 724,00	11 635,56	11 635,56	235 359,56	223 724,00
1		12 144,45	23 083,14	235 171,58	212 088,44
2		12 486,78	34 178,00	234 818,87	200 640,86
3		21 447,43	52 141,16	241 687,15	189 546,00
4		41 354,73	84 790,04	256 372,88	171 582,84
5		13 587,22	94 901,40	233 835,36	138 933,96
6		23 249,11	111 210,16	240 032,76	128 822,60
7		14 389,18	120 724,67	233 238,51	112 513,84
8		45 882,41	149 322,47	252 321,79	102 999,33
9		25 234,63	164 148,30	238 549,83	74 401,53
10		15 711,99	172 849,70	232 425,40	59 575,70
11		16 189,17	181 300,89	232 175,20	50 874,30
12		61 729,57	211 676,34	254 099,45	42 423,11
13		17 205,60	219 656,93	231 704,59	12 047,66
14		17 747,91	227 416,69	231 483,76	4 067,07
15		29 890,05	239 735,35	236 042,66	-3 692,69
16		56 764,47	261 787,41	245 776,06	-16 011,35
17		19 533,07	268 940,25	230 876,85	-38 063,41
18		32 652,92	280 211,35	234 995,09	-45 216,25
19		20 877,41	287 004,27	230 516,92	-56 487,35
20		63 388,63	306 445,65	243 165,38	-63 280,27

Os CO abrangem os custos dos consumíveis utilizados no tratamento da água e o custo de energia associado ao funcionamento da ETA. O valor do custo com os consumíveis é de 18.238,80 €, apresentado na Tabela 4, e o valor

do custo anual de energia é de 13.965,66€. Somando os custos com os consumíveis utilizados no tratamento da água e o custo de energia, os CO são de 32.204,46 € por ano.

Tabela 4 - Valores dos custos com os consumíveis utilizados no tratamento da água

Consumíveis	EUR / ano
Hipoclorito de Sódio	10 080,00
Metabissulfito de Sódio	1 710,00
Genesis	4 800,00
Biocida	1 648,80
Total	18 238,80

Os CFV englobam os custos decorrentes do desmantelamento de todo o sistema da ETA, sendo que existem custos e ganhos que devem ser considerados. Assim, na Tabela 5 são

apresentados os custos e os ganhos na fase de fim de vida da ETA, sendo o valor do CFV de 371 €.

Tabela 5 - Valores dos custos e ganhos na fase de fim de vida da ETA

Tipo de Resíduos	Preço (€ / ton)	Quantidade (ton)	Valor a pagar ou a receber
Embalagens contaminadas	140,00	3	- 420,00
Fibra de vidro	110,00	22	- 2 420,00
Material filtrante	122,00	2	- 244,00
Motores	850,00	1	850,00
Material Inox	1 700,00	0,5	850,00

Material em cobre	7 030,00	0,1	703,00
Sucata grossa	310,00	1	310,00
Total CFV			- 371,00

De acordo com a equação 1, o CCV é o somatório dos CA, CO, CM e CFV, associados ao ciclo de vida do ativo. Após contabilizados os diferentes custos, a Tabela 6 apresenta o

valor do CCV da ETA, de 1.228.110,54 €, para um período de 15 anos, visto ser esta a sua vida útil.

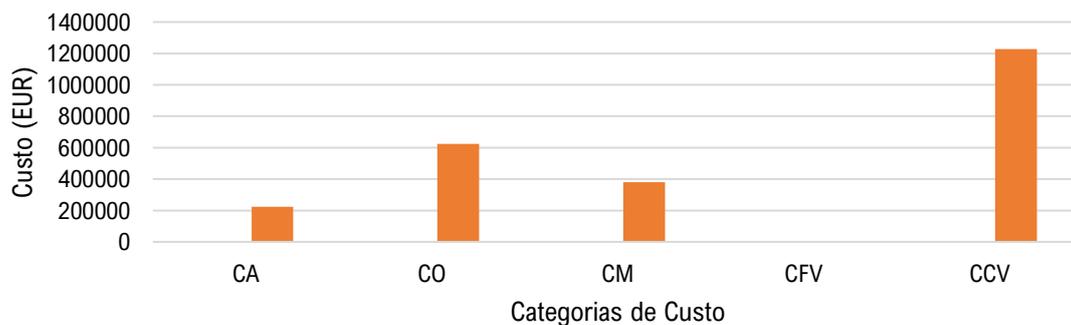
Tabela 6 - Valor do custo do ciclo de vida da ETA

Ano	CA	CO	CM	CFV	CCV / ano	CCV acumulado
0	223 724,00	32 204,46	11 635,56		267 564,02	267 564,02
1		33 009,58	12 144,45		45 154,02	312 718,05
2		33 834,81	12 486,78		46 321,60	359 039,64
3		34 680,69	21 447,43		56 128,11	415 167,76
4		35 547,70	41 354,73		76 902,43	492 070,19
5		36 436,40	13 587,22		50 023,62	542 093,81
6		37 347,30	23 249,11		60 596,41	602 690,22
7		38 280,99	14 389,18		52 670,16	655 360,39
8		39 238,01	45 882,41		85 120,42	740 480,81
9		40 218,96	25 234,63		65 453,59	805 934,40
10		41 224,44	15 711,99		56 936,43	862 870,83
11		42 255,05	16 189,17		58 444,22	921 315,05
12		43 311,42	61 729,57		105 040,99	1 026 356,04
13		44 394,21	17 205,60		61 599,81	1 087 955,85
14		45 504,06	17 747,91		63 251,97	1 151 207,83
15		46 641,67	29 890,05	371,00	76 902,72	1 228 110,54

De forma a obter uma visão geral do CCV é apresentado o gráfico da Figura 3, onde se pode compreender o peso que as várias categorias de custos têm no total do CCV. Verifica-se que os CO representam cerca de 51% do CCV e os CM representam 31%, o que indica que estas duas categorias de custo representam cerca de 82%. Verifica-se ainda que os CA representam cerca de 18%, o que

comprova que a decisão de aquisição de um ativo deve ser baseada numa análise ao seu CCV, e não apenas baseada no menor CA. Sendo os CO e os CM 82% do total do CCV existe certamente oportunidade para se procurarem soluções que permitam reduzir alguns desses custos.

Figura 3 - Custos do ciclo de vida por categorias de custo



Depois de analisados todos os tipos de custos associados ao ciclo de vida da ETA e de calculado o seu CCV é possível fazer uma comparação com o custo do consumo de água, caso a Gyptec não tivesse investido numa ETA, tendo assim de recorrer às águas municipais para utilização de água no processo. De acordo com a tabela de preços da empresa Águas da Figueira da Foz, para o escalão de consumo em que a Gyptec se insere, o preço seria de 2,02 €/m³ com o acréscimo de 1,71 €/m³ de saneamento. Como o consumo de água no processo é de 10,7 m³/h, o respetivo custo, durante um ano, seria de 314.658,32 €, tendo

em conta que o regime de funcionamento da fábrica é de 24 horas por dia e que decorre em 90% do tempo disponível de um ano. Portanto, num período de 15 anos, correspondente ao período de vida útil da ETA, a Gyptec iria incorrer num custo de 4.719.874,86€ com o consumo de água utilizada no processo. Comparando o valor do CCV, de 1.228.110,54 €, com o custo do consumo de água, caso não existisse a ETA, conclui-se que a Gyptec poupa cerca de 3.491.764,32 € com a instalação deste equipamento, que se traduz em, aproximadamente, 232.784,29 € por ano.

Tabela 7 – Valor poupado pela Gyptec com o projeto da ETA

	Sem Projeto da ETA	Projeto da ETA
Custo da utilização de água no processo (15 anos)	4 719 874,56	1 228 110,54
Diferença de custo (Valor poupado)		3 491 764,32

Para além da viabilidade do projeto da ETA, a nível financeiro, que mostra o acerto na decisão estratégica de investir nestes equipamentos, é também importante ressaltar que, com a instalação da ETA, a Gyptec não utiliza, para fins

industriais, água da rede municipal previamente preparada para consumo humano, algo que do ponto de vista ético e ambiental é adequado.

6. Conclusões

O artigo descreveu uma abordagem de um caso de estudo de gestão de Ativos Físicos, onde se realiza um estudo ao CCV da ETA da Gyptec. A partir do histórico disponível do programa de registos e de outras fontes de informação disponíveis, realizou-se um estudo ao CCV da ETA, onde são apurados todos os custos a este associado, desde os CA, CO, CM e CFV, de forma a obter o valor do CCV da ETA, num período de 15 anos. Com este estudo é possível analisar e perceber o peso que as várias categorias de custo têm no CCV, permitindo atuar sobre as categorias com custos mais elevados, de forma a minimizá-los ao máximo. É, também, possível concluir que o projeto da ETA permite que a Gyptec poupe cerca de 232.784,29 € por ano, o que indica que o projeto

é viável, tanto ao nível financeiro, como ambiental e ético.

Relativamente a trabalhos a desenvolver futuramente, persiste a sensação da necessidade de realizar uma comparação, ao longo do tempo, entre os custos efetivos do ciclo de vida da ETA e os custos previstos no cálculo do CCV, de forma a identificar e minimizar os desperdícios com custos patentes no CCV, através da sinalização de áreas onde não exista acréscimo de valor ao ativo, intervindo assim com o objetivo de melhoria contínua no que se refere à otimização de custos. Será ainda necessário, através da análise pormenorizada de todos os custos associados ao ciclo de vida da ETA, elaborar e aplicar estratégias Kaizen, com vista à minimização desses mesmos custos.

Referências

- Coelho, R. W. S. (2015) Aplicação do Conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Available at: <http://hdl.handle.net/10400.21/5533>.
- Dionísio, J. M. M. (2020) Modelo de Gestão Económica do Ciclo de Vida de um Ativo. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Available at: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/12480>.
- Farinha, J. T. (2011) Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão. 1ª Edição. Lisboa.
- Farinha, J. T. (2018) Asset Maintenance Engineering Methodologies. 1ª Edição. Boca Raton.
- ISO (2014) ISO 55000:2014 - Asset Management - Overview, principles and terminology.
- Langdon, D. (2007) Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction. Available at: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/5054/attachments/1/translations/en/renditions/native>.
- Matos, J. P. S. (2016) Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de ativos físicos - Aplicação ao aquartelamento da Amadora da Academia Militar. Técnico de Lisboa. Available at: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/17751>.
- Pais, E. et al. (2020) 'Optimizing the life cycle of physical assets – A review', WSEAS Transactions on Systems and Control, 15, pp. 417–430. doi: 10.37394/23203.2020.15.42.
- Pais, E., Farinha, J. T. and Raposo, H. (2019) 'ISO 55001 – Gestão de Activos', in 15º Congresso Nacional de Manutenção. Braga, p. 7. Available at: https://www.researchgate.net/publication/339363909_ISO_55001_-_Gestao_de_Activos.
- Pereira, J. et al. (2021) 'Análise dos Ativos Físicos de uma Indústria Alimentar', Revista de Manutenção, 148(Parte 1), pp. 4–8.
- Raposo, H. et al. (2017) 'Análise de Investimento versus Análise do Ciclo de Vida no Contexto das ISO 55000 com ênfase na Gestão de Manutenção', in 14º Congresso de Manutenção. Maia, pp. 1–23.
- Raposo, H. et al. (2021) 'An Integrated Model for Dimensioning the Reserve Fleet based on the Maintenance Policy', WSEAS Transactions on Systems and Control, 16, pp. 43–65. doi: 10.37394/23203.2021.16.3.
- Raposo, H. and Farinha, J. T. (2020) Modelos Económicos para Análise do Ciclo de Vida de Ativos Físicos Hospitalares, Tecnohospital. Coimbra.
- Ribeiro, J. L. G. S. (2008) 'Um modelo de análise da qualidade das águas estuarinas', Cadernos de Geografia, pp. 239–253. doi: 10.14195/0871-1623_27_20.