



Telegestão do tratamento de água de piscinas municipais

FRANCISCO MANUEL SILVA MARQUES

novembro de 2021

TELEGESTÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINAS MUNICIPAIS

Francisco Manuel Silva Marques



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2021

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica
Automação e Sistemas

Candidato: Francisco Manuel Silva Marques, Nº 1150631, 1150631@isep.ipp.pt

Empresa: Aquaquímica, Lda

Orientadora: Profª. Isabel Maria de Sousa de Jesus, isj@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

29 de novembro de 2021

Agradecimentos

Concluída a caminhada, resta-me agradecer aos companheiros deste meu percurso, que nunca me fizeram duvidar que terminar era possível. Todos, contribuíram com apoio intelectual, académico e emocional.

Em primeiro lugar, quero agradecer, ao Engenheiro António Bravo e ao Engenheiro Paulo Miranda, pela sua disponibilidade, quer de tempo quer de paciência para comigo, e também a todos os que da incrível equipa da Aquaquímica fazem parte.

À minha orientadora, engenheira Isabel Jesus, um bem-haja por toda a dedicação, empenho e paciência para comigo.

De seguida, e não menos importante aos meus pais e dedicar-lhes esta vitória que é mais deles do que minha.

Em último lugar, não quero agradecer, mas sim desejar que um dia o meu sobrinho e afilhado possa ler este trabalho e orgulhar-se, como sei que a minha irmã se orgulha de mim.

Resumo

Com o investimento cada vez mais comum em piscinas de utilização coletiva tanto para lazer como para desporto, torna-se cada vez mais pertinente o estudo e aprofundamento de novas tecnologias e inovações no tratamento de água e na gestão de piscinas, associadas aos equipamentos disponíveis no mercado, tendo em conta as normas e legislações em vigor.

A gestão de piscinas é quase sempre reativa, isto é, atua quando os problemas aparecem. Por exemplo, uma análise bacteriológica demora três ou quatro dias úteis a saber-se o resultado (na melhor das hipóteses), caso seja encontrado algo fora dos limites recomendáveis, o problema já aconteceu e vamos atuar tardiamente.

Neste trabalho pretende-se criar um sistema que monitorize os parâmetros do tratamento de água que são possíveis de controlar e, informe o gestor da piscina caso algum dos valores saia da gama definida ou dos limites legislados.

Palavras-Chave: Tratamento de água; cloro; pH; Controlador lógico programável; Sistema Global para Comunicações Móveis.

Abstract

With the increasingly common investment in pools for collective use for both leisure and sports, the study and deepening of new technologies and innovations in water treatment and pool management is becoming more and more pertinent, associated with the equipment available on the market, considering the norms and legislation in force.

Swimming pool management is almost always reactive, that is, we can only act when the problem has already happened. For example, a bacteriological analysis takes three or four (at best) working days to know the result, if something is found outside the recommended limits, the problem has already happened, and we will act late.

In this work we intend to create a system that monitors the water treatment parameters that are possible to control and inform the pool manager if any values deviate from the legislated limits.

Keywords: *Water treatment; Chlorine; pH; Programmable logic controller; Global System for Mobiles.*

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ACRÓNIMOS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
2. INTRODUÇÃO AO TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINAS	5
2.1. CONCEITOS BÁSICOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA	7
2.2. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	16
3. INTRODUÇÃO AO CONTROLADOR LOGICO PROGRAMÁVEL	19
3.1. ARQUITETURA DO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	20
3.2. PROCESSAMENTO DE OPERAÇÕES NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	24
3.3. SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADO	25
4. ENQUADRAMENTO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO	27
4.1. INTEGRAÇÃO DOS SENSORES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROJETO.....	28
4.2. KONTROL 800 MULTI PARAMETER INSTRUMENT.....	34
4.3. MÓDULO GSM	38
5. TESTES E RESULTADOS	45
5.1. TESTES NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	47
5.2. TESTES NO MÓDULO GSM	56
6. CONCLUSÕES	59
6.1. TRABALHOS FUTUROS.....	60
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	61

Índice de Figuras

Figura 1 – Parâmetros de controlo para o bom funcionamento da piscina.....	8
Figura 2 - Efeitos de floculação no meio filtrante	9
Figura 3 - Ilustração do uso de cloro como principal método desinfectante	12
Figura 4 - Definições de cloro residual	14
Figura 5 - Distribuição das espécies cloradas em solução aquosa em função do pH a 25°C....	15
Figura 6 - <i>Layout</i> do sistema de tratamento da piscina.....	17
Figura 7 - Módulos do controlador lógico programavel.....	20
Figura 8 - Esquema elétrico do CLP	22
Figura 9 - Métodos de operação do processador.....	23
Figura 10 - Ciclo de scan do CLP	24
Figura 11 - Processos de controlo entre o <i>hardware</i> para a gestão de qualidade de piscinas...	27
Figura 12 - Painel de medição e controlo da piscina	28
Figura 13 - Fluxograma das interações dos diferentes sensores	29
Figura 14 - Sensor do fluxo de sonda.....	30
Figura 15 - Sonda amperimétrica de cloro e respetivo suporte	31
Figura 16 - Sonda de nível de pH	31
Figura 17 - Painel de leitura de um contador de água	32
Figura 18 - Bomba doseadora Athena AT.AM	32
Figura 19 - Painel de controlo da bomba doseadora.....	33
Figura 20 - Kontrol K800 pH– <i>Chlorine/ Bromine</i>	35
Figura 21 - Hermes LC1	39
Figura 22 - Esquema elétrico do módulo GSM	41
Figura 23 - Fontes de alimentação do módulo GSM.....	41
Figura 24 - Menu inicial do programador.....	42
Figura 25– Menu de entradas digitais.....	43
Figura 26– Módulos do sistema	45

Figura 27– Passos necessários para efetuar a programação do sistema.....	46
Figura 28– Fluxograma que descreve a obtenção do teor de cloro e ativa os alarmes 2 e 3	48
Figura 29– Fluxograma que descreve a obtenção do valor de pH e ativa os alarmes 5 e 6.....	49
Figura 30– Fluxograma que descreve a ativação do alarme 1 (teor de cloro ideal)	50
Figura 31– Fluxograma que descreve a ativação do alarme 4 (valor de pH ideal)	51
Figura 32– Função relacionada com os alarmes de cloro parte	65
Figura 33– Função relacionada com os alarmes de cloro parte continuação.....	65
Figura 34– Função relacionada com os alarmes de pH	66
Figura 35– Função relacionada com os alarmes de pH continuação.....	66
Figura 36– Chamada das funções na <i>Main</i>	67
Figura 37– Fluxograma do funcionamento do alarme 7.....	54
Figura 38– Programação do controlo do alarme 7	67
Figura 39– Programação do controlo do alarme 7 continuação.....	68
Figura 40– Programação do controlo do alarme 7 continuação.....	68
Figura 41– Configuração do Menu de inicial do programador.....	56
Figura 42– Configuração das entradas digitais do módulo GSM.....	57
Figura 43– Mensagem do módulo GSM.....	58

Índice de Tabelas

Tabela 1- Diferentes percentagens dos reagentes a diferentes níveis de pH.....	16
Tabela 2-Tipos de contactos na linguagem <i>Ladder</i>	24
Tabela 3- Funções de blocos no TIA Portal	25
Tabela 4- Ligações elétricas da bomba doseadora.....	34
Tabela 5- Processo de calibração de uma sonda de pH.....	36
Tabela 6- Ligações elétricas efetuadas no Kontrol 800	37
Tabela 7- Especificações do Kontroll 800.....	38
Tabela 8- Significado do estado do LED	40

Acrónimos

AC	–	Corrente Alternada
APN	–	<i>Acess Point Name</i>
ADC	–	Conversor Analógico-Digital
CLP	–	Controlador Lógico Programável
CPU	–	<i>Control Processing Unit</i>
DC	–	Corrente Contínua
Di-Cloro	–	Dicloroisocianurato de Sódio
DNA	–	Ácido Desoxirribonucleico
GSM	–	Sistema Global para Comunicações Móveis
HMI	–	<i>Human Machine Interface</i>
IMEI	–	<i>International Mobile Equipment Identity</i>
IMSI	–	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>
LED	–	<i>Light Emission Diode</i>
LCD	–	<i>Light Crystal Display</i>
OMS	–	Organização Mundial de Saúde
PLC	–	<i>Programmable Logic Controller</i>
RAM	–	Memória de Acesso Aleatório
SIM	–	<i>Subscriber Identity Module</i>
TDMA	–	<i>Time Division Multiple Access</i>
TIA	–	<i>Totally Integrated Automation</i>
Tri-Cloro	–	Ácido Tricloroisocianurato

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A empresa Aquaquímica presta serviço de tratamento de água de piscinas onde incluem o fornecimento de produtos químicos. Este serviço consta de visitas periódicas (uma vez por mês, duas vezes por mês, ou mesmo uma visita semanal, consoante a dimensão do cliente), onde são recolhidas amostras de água para análise em laboratório externo, e localmente são verificados os parâmetros físico-químicos base. Também é verificado a operacionalidade de vários equipamentos:

- Bombas doseadoras de produtos químicos;
- Controladores de cloro e pH;

- Filtros de areia;
- Nível de soluções de produtos químicos.

Entre estas visitas do técnico, a empresa depara-se com um seguinte problema, pois apesar de haver registos manuais dos vários parâmetros, a empresa normalmente só o sabe tardiamente e não consegue atuar com a rapidez desejada.

Como a empresa fica responsável pela gestão/qualidade da água não pode estar “cega” durante o período entre visitas. Precisa de informação do que se está a passar com os principais parâmetros e conseqüentemente prever os problemas que daí advêm. Ao concorrer a um concurso de prestação de serviços, vamos acrescentar valor à nossa proposta, se tivermos em conta as questões do controlo permanente da qualidade da água da piscina, considerando que muitas vezes neste tipo de concursos, é muito valorizado a capacidade técnica e não apenas o preço.

Desta forma pretende-se desenvolver um programa de telegestão, que adquira estes dados (as variáveis em causa, na maioria das vezes os equipamentos já os disponibilizam, mas não são usados para nada), faça a sua gestão, emita alarmes e periodicamente envie informação detalhada. Assim a empresa “tem olhos no local” e antecipa os problemas operacionais.

Ao incluir este quadro elétrico na sua proposta:

- Vai valorizá-la do ponto de vista técnico;
- Vai antecipar a resolução de problemas e atuar mais rapidamente.

1.2. OBJETIVOS

Para a concretização deste projeto, vários objetivos terão de ser cumpridos, dos quais se salientam:

- estudo dos processos unitários de tratamento de água;
- estudo dos sensores existentes nas piscinas;
- criação de um sistema que enquanto o gestor de piscinas não esteja presente, seja capaz de analisar vários parâmetros da água de uma piscina como:
 - pH;
 - Cloro;

- Volumes de água/ caudais;
- Níveis de soluções de produto, etc.
- teste e validação dos resultados obtidos;
- estudo do estado da arte de ferramentas de desenvolvimento da plataforma (CLP e módulo GSM).

Etapas a executar:

- levantamento do estado da arte;
- definição dos parâmetros (Microbiológicos e Físico-Químicos) a analisar no projeto;
- conceptualização de um projeto que consiga resolver o problema
- definição da solução técnica;
- testes e validação dos resultados obtidos.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por seis capítulos organizados em secções e subsecções.

Após o presente capítulo de introdução, o capítulo 2 apresenta um levantamento do estado de arte onde são abordados diversos assuntos relacionados com o tratamento de água das piscinas, começando por dar as noções básicas do mesmo, e de seguida abordando assuntos mais específicos como, a escolha do desinfetante, o controlo do pH e a hidráulica da piscina.

O capítulo 3 incorpora a descrição do principal controlador utilizado neste projeto, descrevendo o *hardware* do mesmo, o seu ciclo de funcionamento e o *software* que foi utilizado para a concretização do projeto.

O capítulo 4 faz a descrição de todos os restantes componentes utilizados neste projeto descrevendo não só o seu funcionamento, mas também o seu papel no tratamento de água.

O capítulo 5 descreve o processo de criação, e o funcionamento dos programas criados para executar um sistema que consiga fazer a telegestão de uma piscina municipal.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as restrições inevitáveis do projeto e as principais conclusões enquadradas em função dos objetivos propostos. No sentido da prossecução do trabalho realizado, serão propostas possíveis melhorias.

2. TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINAS

Tendo em conta as características topológicas de uma piscina, esta consegue proporcionar um conjunto de atividades que constitui uma medida de promoção à saúde, como por exemplo:

- atividades que proporcionam a manutenção da condição física.
- competição.
- atividades recreativas.
- tratamentos estéticos: que trazem benefícios diretos à saúde graças à composição química presente na água: piscinas termais.

Todas estas atividades têm em comum o facto de exigirem rigorosas condições de segurança sanitária, em cuja obtenção estão envolvidos processos delicados e equipamentos muito específicos, que aumentam a complexidade funcional de cada piscina.

A razão da existência de qualquer piscina deve estar associada a uma boa qualidade de água. Graças à poluição cada vez mais evidente das águas fluviais e, à crescente sobrelocação de praias, tem-se verificado um crescente investimento na utilização e conceção de piscinas. Por este motivo, é também, cada vez mais notórios sinais de degradação precoce e, uma má qualidade de serviços prestados. Tal situação é resultante, em grande parte, da pouca importância que é atribuída à qualidade de água. Assim, é dada prioridade à parte estética da piscina, nomeadamente, à parte exterior, em detrimento, dos equipamentos de tratamento de água. Estes elementos, vitais para garantir a qualidade desta, são encarados como acessórios, pois trata-se da componente menos visível do investimento.

A eficiência do tratamento da piscina também é posta em causa quando se tenta efetuar uma redução de custos de realização, optando por uma menor exigência nos equipamentos selecionados e, por uma instalação e manutenção deficiente dos mesmos.

Caso não se proceda à minimização de riscos associados à qualidade da água, esta pode pôr em causa a saúde pública, sujeitando os banhistas a patologias relacionadas com a má qualidade da água, nomeadamente:

- reações alérgicas e orgânicas (dermatose, conjuntivites, otites, sinusite micoses), que se contraem graças ao contato direto com a água e, com as substâncias resultantes do seu tratamento.
- o desenvolvimento de doenças graças à ingestão dos microrganismos patogénicos presentes na água (hepatites, gastroenterites, salmonela).
- contato em excesso com substâncias tóxicas (subprodutos de desinfecção, toxinas e micropoluentes orgânicos), podendo estas causar problemas ao nível do sistema endócrino (este sistema tem como função regular e controlar a secreção de hormonas).

Para a minimização de riscos associados aos equipamentos de controlo de qualidade de água, é necessário compreender e controlar a complexidade dos diferentes parâmetros envolvidos, encontrar soluções e alternativas associadas não só a cada tipo de piscina, mas também, à frequência de utilização, de modo a permitir uma utilização segura destes espaços coletivos.

A qualidade da água de uma piscina está maioritariamente dependente das monitorizações e correções dos produtos químicos nela presentes, sendo sempre necessária a avaliação e a monitorização da água mesmo quando esta se encontra num estado saudável.

Tendo em atenção que a água de uma piscina fica estagnada durante longos períodos de tempo, esta deve ser sujeita a tratamento contínuo com o objetivo de a manter limpa e evitar riscos de saúde, como, por exemplo:

- ter em atenção a claridade da água de modo a evitar perigos de lesão;
- controlar a qualidade da água de modo a evitar a propagação de doenças infecciosas;
- ter em conta a quantidade dos produtos de desinfeção de modo a evitar potenciais perigos de saúde.

Para atingir este objetivo é necessário ter em conta a combinação dos seguintes fatores:

- tratamento da água (efetuado para remover partículas, poluentes e microrganismos), incluindo a filtração e a desinfeção (que efetuam a remoção de microrganismo infecciosos);
- hidráulica da piscina (assegura uma distribuição efetiva do desinfetante ao longo da piscina, promove a entrada de água limpa e a remoção da água contaminada).
- limpeza da piscina (efetuada para remover biofilme das superfícies, sedimentos da piscina, e partículas retidas nos filtros);
- ventilação de piscinas interiores (de modo a remover desinfetantes voláteis);
- adição de água limpa em intervalos frequentes (de modo a diluir substâncias que não desaparecem com o tratamento da água).

2.1. CONCEITOS BÁSICOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

O primeiro objetivo do tratamento de água de uma piscina é mantê-la segura e agradável para os banhistas. Podemos resumir estes parâmetros de tratamento da seguinte forma:

- manter a água livre de bactérias patogênicas;
- garantir que a água não seja tóxica nem irritante para os nadadores;
- evitar a formação de odores ou sabores indesejáveis na água;
- prevenir a corrosão das zonas envolventes da piscina, nos acessórios e equipamentos;
- evitar a formação de incrustações na piscina, filtro e tubagem;
- manter a água livre de crescimento de algas.

Um diagrama simples, Figura 1, pode ilustrar o funcionamento de uma piscina, mesmo tendo em conta a multiplicidade de processos de tratamento atualmente existentes:

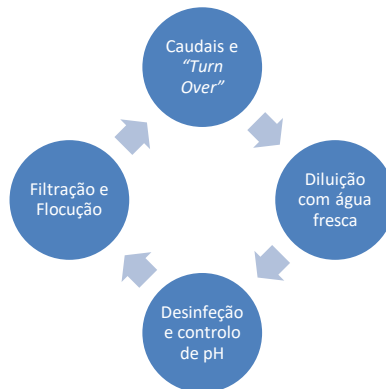


Figura 1- Parâmetros de controlo para o bom funcionamento da piscina

2.1.1. CAUDAL E TURNOVER (TEMPO DE RECIRCULAÇÃO)

As piscinas ficam poluídas a velocidades diferentes dependendo de certos fatores:

- Profundidade;
- número de banhistas por metro cúbico;
cobertura da piscina (uma piscina ao ar livre terá mais poluição do que uma piscina numa zona coberta).

O tempo de recirculação de uma piscina é o número de horas que a totalidade da água da piscina demora a passar o filtro. O tempo de recirculação pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Tempo de recirculação em horas} = \frac{\text{Volume de uma piscina em } m^3}{\text{Caudal de filtração em } m^3/h} \quad (1)$$

2.1.2. DILUIÇÃO

Como meio de regeneração complementar da água das piscinas, deverá ser assegurada uma reposição diária de água nova (potável), na proporção mínima de 30 litros por dia e por cada banhista que tenha frequentado a instalação, com o mínimo absoluto de 2% do volume do tanque CNQ 23/93-17 [1].

Este valor poderá ser aumentado por determinação das autoridades sanitárias, sempre que os resultados de análise revelem uma água com qualidade insuficiente.

2.1.3. FILTRAÇÃO

O objetivo principal do filtro é remover partículas e outros detritos da água. Este separa os sólidos em suspensão em partículas na zona de submicron, de forma a manter a clareza da água.

Os filtros não removem sólidos dissolvidos nem microrganismos.

Retro lavagem dos filtros

Ao longo do ciclo de filtração, o filtro vai acumulando sólidos em suspensão. Ao fim de um determinado período de tempo, é necessário fazer a lavagem do leito do filtro. O operador sabe quando tem que executar esta operação através da diferença de pressão entre a entrada e saída do filtro, lida nos manómetros.

2.1.4. FLOCULAÇÃO

As partículas coloidais ou finamente suspensas não ficam retidas no leito do filtro durante a etapa de filtração e, por este motivo, continuam a circular na piscina, turvando a água e reduzindo a visibilidade para os banhistas.

Para remover este material finamente disperso é necessário o uso de um floculante. Este é um produto químico que é adicionado à água da piscina e que faz com que as partículas se agrupem para formar partículas maiores (flocos) que se tornam grandes o suficiente para serem capturadas pelo meio filtrante e removidas da água.

A Figura 2 mostra os efeitos da floculação no meio filtrante.

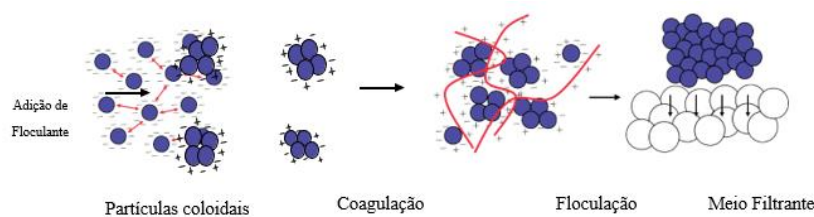


Figura 2- Efeitos da floculação no meio filtrante [2]

2.1.5. CONTROLO DO PH

O pH da água é:

- um indicador da sua acidez ou alcalinidade.

- uma medida da concentração do íon H^+

O pH ideal para a água da piscina é ligeiramente alcalino, ou seja, entre pH 7,2 e 7,8, de preferência 7,3 a 7,5 para desinfetantes à base de cloro. Esta faixa estreita é necessária para que o processo de desinfecção ocorra de maneira eficiente, para o conforto dos banhistas e para o estado geral da estrutura da piscina, seus componentes e acessórios.

Se o pH for muito alto ($> 8,0$), a eficácia do processo de desinfecção é reduzida, a água pode se tornar turva e a formação de incrustações pode ser promovida. Se o pH for muito baixo ($< 7,0$), pode ocorrer irritação nos olhos e na pele e os acessórios da piscina podem ser danificados pela corrosão. Para evitar oscilações violentas no valor de pH, causadas pela adição de produtos químicos de tratamento, é necessário manter um nível adequado de alcalinidade na água.

A alcalinidade de uma água mede a capacidade de neutralização de ácidos (capacidade tampão) e representa a quantidade total de todas as bases [bicarbonato ou hidrogenocarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), hidróxido (OH^-) e sais de ácidos fracos (boratos, fosfatos, silicatos)] que uma água possui.

Por outras palavras, a alcalinidade atua como tampão do pH, evitando variações muito bruscas. O valor ideal para a água de uma piscina é entre 80 e 120 ppm.

O controlo do pH pode ser efetuado de duas maneiras:

- se o pH for inferior a 7,2 - é controlado por exemplo com a adição de soda cáustica comercial ou outro produto alcalino;
- se o pH for superior a 7,6 - é controlado por exemplo com ácido clorídrico comercial ou outro produto ácido.

Resumindo, o ajuste de pH é essencial, pois:

- a ação bactericida da maioria dos desinfetantes depende do valor do pH;
- água com pH maior que 8 é incrustante;
- água com pH menor que 6 é corrosiva;
- se o pH é muito baixo ou muito alto pode irritar a pele e os olhos;
- na maioria dos casos, as análises dos valores de desinfetantes, necessitam de pH estável.

2.1.6. DESINFECÇÃO DA ÁGUA

A desinfecção, no que diz respeito à água da piscina, significa essencialmente:

- manter a água livre de crescimento de algas;
- certificar-se que a água não é irritante ou tóxica para os banhistas;
- evitar a formação de odores ou sabor indesejáveis;
- manter a água livre de microrganismos (vírus, bactérias) potencialmente nocivos.

No tratamento de água de piscinas, os dois tipos de microrganismos mais importantes são as bactérias e as algas.

Milhões de bactérias estão presentes no corpo humano. Muitas são inofensivas, no entanto, outras poderão ser causadoras de doenças. A água da piscina é um meio ideal para a passagem de bactérias de uma pessoa para outra. Ao se adicionar um desinfetante à água, inicia-se um processo que, provavelmente, destruirá essas bactérias, minimizando o risco de infecção cruzada.

As algas são formas naturais de vida vegetal e estão presentes em todos os cursos de água naturais - rios, lagoas, lagos, etc. Existem milhares de espécies nos mais diversos níveis de cores. A presença de algas em piscinas é altamente indesejável, uma vez que o seu crescimento torna a água turva e, torna as superfícies da piscina escorregadias e perigosas. O processo de desinfecção deve ser eficaz no controlo de algas, existindo produtos químicos complementares chamados algicidas, que estão disponíveis para uso, nos casos em que as algas são difíceis de remover.

Os banhistas introduzem muitos outros poluentes, sendo os mais importantes, os compostos de azoto, provenientes do suor corporal e urina. Estes compostos reagem com alguns desinfetantes e, formam subprodutos potencialmente irritantes.

De todos os produtos químicos existentes no mercado, os mais importantes são:

- dadores de Cloro/Derivado de Cloro de natureza inorgânica
 - Gás Cloro;
 - Hipoclorito de Sódio;
 - Hipoclorito de Cálcio;
- dadores de Cloro/ Derivado de Cloro de natureza orgânica
 - Isocianuratos Clorados (cloros estabilizados);
 - Ddicloroisocianurato de sódio “Di-Cloro”;

- Ácido Tricloroisocianúrico “Tri-Cloro”;
- dados de oxigénio
 - Oxigénio ativo = Peróxido + Persulfato + MPS;
 - Ozono;
- outros
 - Bromo;
 - Ionização de cobre e prata.

No entanto, a desinfecção em piscinas municipais é efetuada na esmagadora maioria dos casos com hipoclorito de sódio e cloros orgânicos. A Figura 3 ilustra a predominância do uso de cloro comparando aos restantes concorrentes.

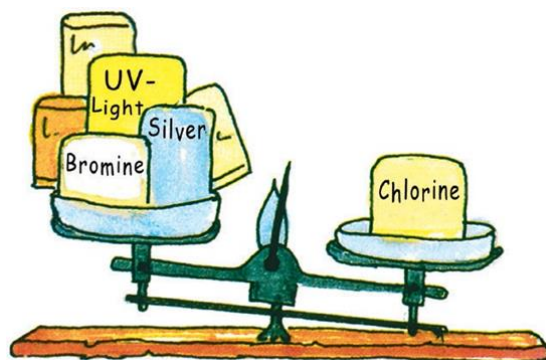


Figura 3- Ilustração do uso de cloro como principal método desinfetante [2]

Por este motivo, irá se abordar com mais pormenor a desinfecção à base de cloro.

2.1.6.1. HIPOCLORITO DE SÓDIO

O Hipoclorito de Sódio é o desinfetante padrão no tratamento de piscinas graças às seguintes vantagens:

- disponibilidade no mercado;
- facilidade de utilização, quer manualmente, quer com sistemas automáticos de doseamento.

É um líquido amarelado claro com o cheiro característico da lixívia doméstica. O produto comercial contém entre 10 a 15% de cloro disponível.

2.1.6.2. DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO “DI-CLORO” (DISSOLUÇÃO RÁPIDA)

O “Di-Cloro” é um produto granulado contendo cerca de 60% de cloro disponível. É um composto altamente solúvel, o que o torna ideal para aplicação direta na piscina. Além disso, tem um pH quase neutro, o que significa que não terá efeito no pH da água da piscina.

2.1.6.3. ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO “TRI-CLORO” (DISSOLUÇÃO LENTA)

O “Tri-Cloro” contém cerca de 90% do cloro disponível e é normalmente fornecido em duas formas:

- granulado
- pastilhas de 200 gramas

Não é particularmente solúvel, o que o torna ideal para o colocar nos alimentadores em linha de dissolução, nos flutuadores, nos *Skimmers* ou tanques de compensação. Tem um pH baixo - cerca de 3, o que pode exigir ajuste de pH.

Mecanismo da Desinfecção

O mecanismo de desinfecção dos produtos que contêm cloro baseiam-se no par $HOCl/ClO^-$ (Ácido Hipocloroso / Ião Hipoclorito). O ácido hipocloroso resultante, é um ácido fraco que se dissocia em solução aquosa de acordo com a equação (2), originando o ião hipoclorito (ClO^-). A partir daqui estes produtos serão referidos por “cloro”, por ser a designação habitual no tratamento de água de piscinas.



Quando o cloro é adicionado à água, reage inicialmente com os compostos presentes na água e, só depois é que permanece disponível para desempenhar a função de desinfetante. A este acontecimento denomina-se de carência química de cloro, ou seja, é a quantidade de cloro necessária para reagir com a matéria orgânica, compostos azotados e outros compostos oxidáveis, como o ferro e manganês [3].

Desta forma, a desinfecção só estará assegurada caso a dose de cloro adicionada ultrapasse o chamado ponto crítico, permitindo a existência de cloro residual livre.

É necessário ter em atenção as diferentes definições de cloro residual (Figura 4) de modo

a se atuar efetivamente na desinfecção da piscina.

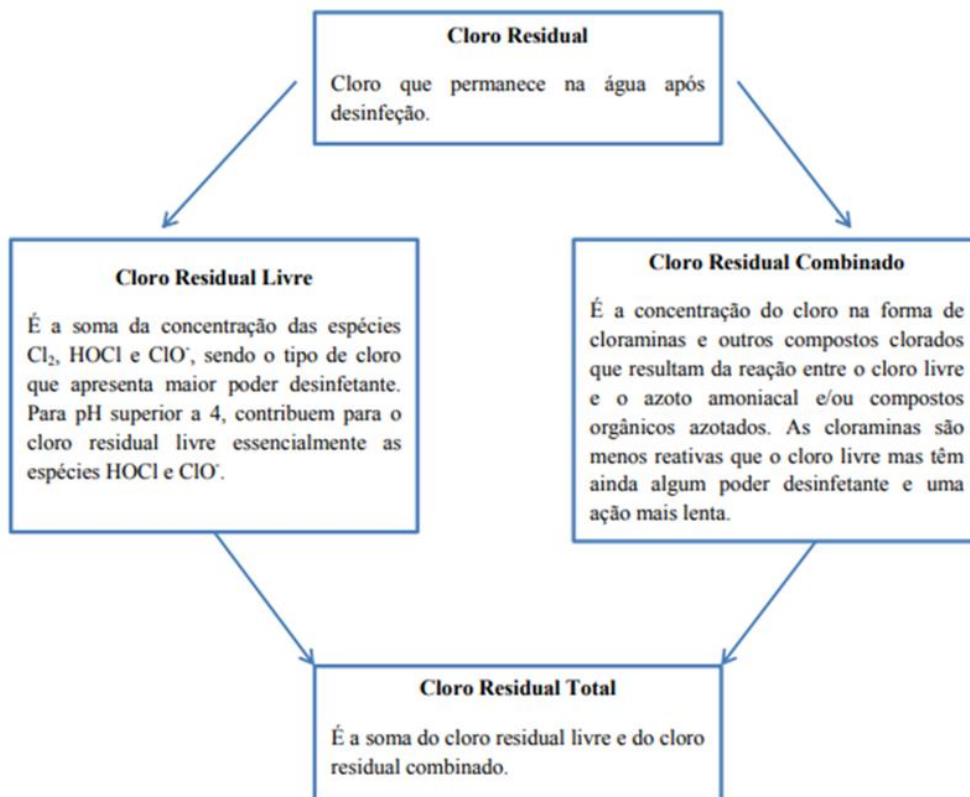


Figura 4- Definições de cloro residual [3, 4]

De forma a otimizar o processo de desinfecção com cloro, garantindo um teor de cloro residual livre, é necessário um adequado controlo operacional tendo em conta os parâmetros que influenciam a eficácia da desinfecção.

Existem vários fatores que podem influenciar o processo de desinfecção com cloro:

- pH;
- Temperatura;
- Turvação;
- Tempo de contacto;
- Concentração de cloro.

Em condições típicas de tratamento de água, em que o pH está numa gama de 6 e 9, o ácido hipocloroso e o ião hipoclorito são as principais espécies de cloro.

Assim, na água são observadas diferentes distribuições das espécies de cloro dependendo da temperatura e do pH (Figura 5), verificando-se que a pH 6, uma solução de cloro é cerca de 96 % $HOCl$, enquanto a pH 9 contém cerca de 95 % ClO^- .

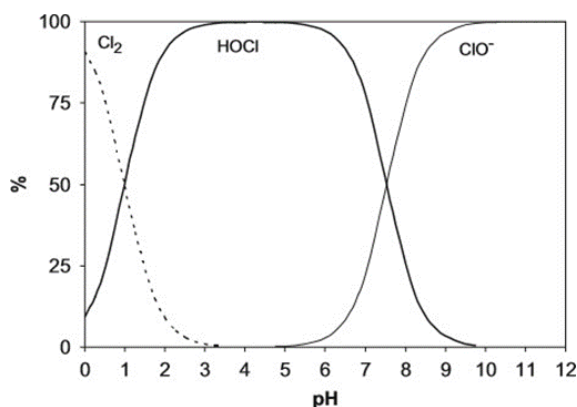


Figura 5 – Distribuição das espécies cloradas em solução aquosa em função do pH a 25° C [5]

As concentrações relativas das duas espécies químicas podem influenciar fortemente a desinfecção, pois ambas têm poder desinfetante, mas o ácido hipocloroso é geralmente muito mais eficaz como desinfetante que o ião hipoclorito [6, 7].

O ácido hipocloroso é denominado de cloro ativo por se tratar da espécie mais ativa no mecanismo de desinfecção, sendo o seu efeito germicida cerca de 100 vezes superior ao do ião hipoclorito [8].

A um pH baixo corresponde uma desinfecção mais eficaz, devido à predominância da espécie $HOCl$, enquanto a um pH alto predomina a espécie ClO^- , o que conduz a uma perda da eficácia da desinfecção [6]. Segundo a OMS [9, 10], a desinfecção pelo cloro é mais eficaz a $pH < 8$, sendo que uma água com $pH > 8$, só poderá ser desinfetada eficazmente por supercloragem.

Transformando o gráfico anterior (Figura 5) numa tabela (Tabela 1), podemos mais facilmente observar as diferentes percentagens de cada um destes reagentes a diferentes níveis de pH.

Tabela 1- Percentagens dos reagentes a diferentes níveis de pH [5]

pH	<i>HOCl</i>	<i>OCl⁻</i>
5	100	0
6	96	4
7	75	25
7,2	66	34
7,5	49	51
7,8	33	67
8	23	77

Como o *HOCl* é a forma ativa do desinfetante e o ião *OCl⁻* não tem virtualmente nenhum poder desinfetante, seria ideal operar uma piscina com pH 5,0. Infelizmente, isso não é possível, pois nesta zona de pH, temos condições ácidas, isto é, a água é corrosiva, e portanto, isto não é satisfatório nem para a piscina, nem para os banhistas. As condições mais satisfatórias existem entre pH 7,2 e 7,5 quando cerca de 50% do desinfetante está presente como *HOCl*. Este valor de pH é confortável para os banhistas e não corrosivo para as zonas envolventes da piscina, suas instalações e demais acessórios.

2.2. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Para controlar e regular os agentes patogénicos, é necessário que exista a circulação constante da água da piscina estando esta em constante tratamento, normalmente através de uma filtração e da aplicação de um desinfetante químico residual, tendo este como função eliminar os microrganismos que vão sendo introduzidos na piscina, como por exemplo os fluídos dos banhistas.

Como nem todos os resíduos são removidos por agentes de desinfecção, e o processo de desinfecção é lento, é necessária uma higiene dos banhistas antes de entrar na piscina assim como a remoção imediata de fezes e vômito, assim como se necessário a quarentena da piscina.

A Figura 6 mostra um *layout* típico do tratamento de água efetuado numa piscina.

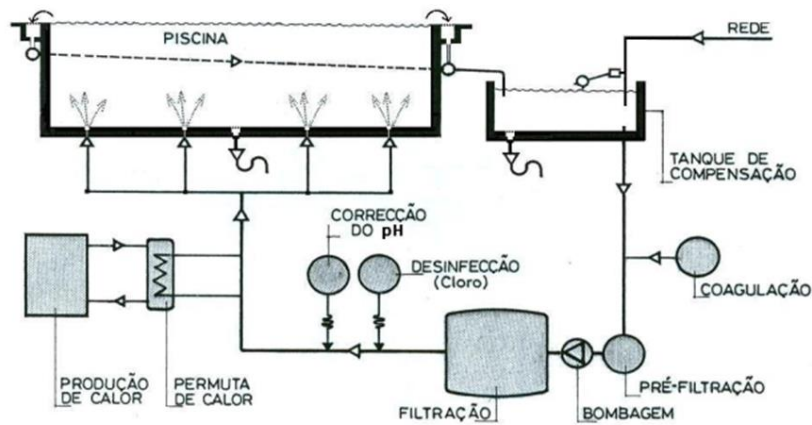


Figura 6- *Layout* do sistema de tratamento de uma piscina [11]

A maioria das piscinas tem um sistema de bombeamento em que é constantemente adicionada água fresca, para a diluição de organismos e resíduos que não são facilmente removidos com os desinfetantes presentes na piscina, e para a compensação de perda de água na mesma.

De forma a manter a qualidade da água dentro dos padrões estabelecidos por lei, é necessária a adição de vários aditivos à mesma.

3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador lógico programável (CLP), ou simplesmente PLC (*Programmable Logic Controller*), pode ser definido como um “processador industrial”, capaz de armazenar instruções e variáveis para a implementação de funções de controlo (sequências lógicas). Além disso consegue efetuar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede.

O controlador Simatic S7, é um sistema de automação baseado na linguagem CLP fabricado pela Siemens. O seu *software* é o Step 7, criado de modo a ter mais semelhanças com o Windows, tornando-se mais *User Friendly*. Este garante uma programação, comunicação e comissionamento especialmente mais simples e rápido, quando comparado ao seu precedente anterior, o Step 5.

Neste trabalho foi utilizado o controlador da gama Siemens 1211C AC/DC/RLY, sendo nesta gama necessário alimentar o autómato com uma fonte de tensão alternada. As entradas são compatíveis com sensores que operam numa gama de 24 V DC, e como é um controlador com saídas do tipo *Relay* fornece tensão AC nas suas saídas.

O SIMATIC S7-1200 comunica usando uma interface *Profinet* integrada, para simplificar os requisitos de comunicação entre sistemas de engenharia, controladores e HMI, como por exemplo, para programação e comunicação CPU – CPU, a qual é uma rede que se baseia num padrão de comunicação Ethernet industrial padronizado pelas normas IEC 61158-5 e IEC 61158-6, compatível com a tecnologia Ethernet.

3.1. ARQUITETURA DO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Para o bom funcionamento deste controlador existem 6 módulos que têm de estar em sintonia, como podemos ver na Figura 7.

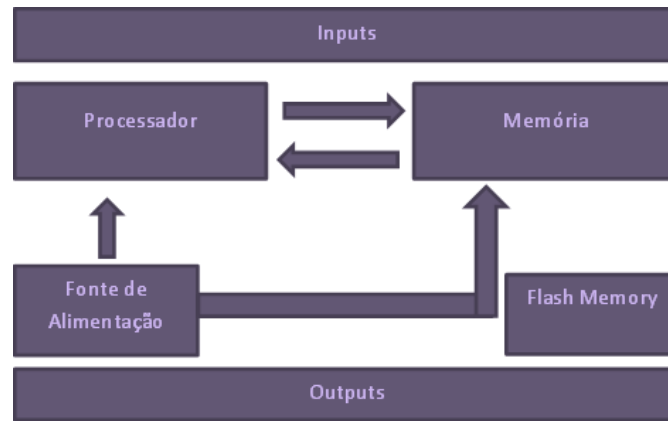


Figura 7- Módulos do controlador lógico programável [7]

3.1.1. ENTRADAS

Quanto às entradas, estas fazem a ligação entre sensores externos e o controlador lógico programável e, protegem o sistema de tensões nocivas, como ruídos e sinais parasitas. O CLP ao comunicar com o meio externo pode receber dois tipos de sinais: analógicos e digitais. Os sinais digitais variam apenas entre dois estados possíveis (0 e 1) e possuem dois tipos de contactos:

- os contactos NA (normalmente abertos) mantêm-se abertos quando o estado está a 0, e quando a entrada é eletrizada (quando o estado passa a 1), estes contactos fecham e começa a circular corrente no circuito;
- os contactos NF (normalmente fechados) mantêm-se fechados e, quando o estado da respetiva entrada passa a 1 estes contactos abrem, cortando a corrente no circuito.

As entradas digitais podem ser alimentadas através de dois tipos de corrente, corrente contínua (DC) ou corrente alternada (AC). Para além disso, as entradas DC podem ser de dois tipos:

- *Sink* – onde a corrente flui do meio externo para o CLP. Neste tipo de montagem o ponto comum está ligado ao pólo negativo da fonte de alimentação e, o positivo está ligado às entradas do CLP. Neste tipo de montagem a corrente flui para o CLP;

- *Source* – onde a corrente flui do CLP para o meio externo. Nesta montagem o comum está ligado ao polo positivo da fonte de alimentação e, todas as entradas estão ligadas ao polo negativo. É o CLP fornece corrente ao meio externo.

Os sinais analógicos permitem que o CLP monitorize vários tipos de grandezas analógicas enviadas por sensores analógicos. Normalmente esta grandeza varia entre 0 a 10 V se o sinal for proveniente de tensão ou, entre 4 e 20 mA, se o sinal for de corrente.

Enquanto os sensores leem o valor que lhe está a ser aplicado e transmitem esse valor na forma de um sinal elétrico, após a conversão ADC, o autómato converte esse sinal numa gama de valores compreendida entre 0 e 27648.

A resolução usada para o conversor Analógico-Digital (ADC) é medida em bits, e pode variar entre 8 e 16. Quanto maior for o número de bits usados na conversão, melhor será a sensibilidade da entrada.

O número de entradas pode ser aumentado com cartas de expansão, de modo a satisfazer as necessidades do utilizador, mas sempre, limitado pelo processador e pelo espaço de memória disponível.

3.1.2. SAÍDAS

Quanto às saídas, este módulo recebe os sinais enviados pelo processador e converte-os para um formato em que o processo consiga realizar as suas ações de controlo. As saídas digitais são usadas para ativar vários tipos de atuadores, como, por exemplo, lâmpadas, motores, válvulas, entre outros dispositivos. No controlador lógico programável existem três tipos de saídas digitais:

- saída relé;
- saída a transístor;
- saída a tirístor.

As saídas a relé são saídas mecânicas que, podem trabalhar numa ampla faixa de tensões e correntes, o que diminui a necessidade de se utilizarem transformadores e circuitos auxiliares e, podem comutar com circuitos de corrente contínua e alternada. Estes tipos de saídas estão mais sujeitos a desgaste, não sendo muito apropriadas para aplicações que comutem muito rápido.

As saídas a transístor são saídas eletrónicas que, possuem diferentes aplicações em relação à saída em relé, devido a só trabalharem em circuitos de corrente contínua. Por serem elementos estáticos tem maior tempo de vida que os relés e, comutam a correntes baixas. As saídas a transístor tal como as entradas digitais, podem ser do tipo *Sink* ou *Source* dependendo do circuito para o qual o CLP for utilizado.

As saídas a tirístor são saídas eletrónicas que operam em corrente alternada, normalmente usada para o controlo de cargas que só operam em corrente alternada, como alguns motores e lâmpadas. Tal como o módulo de entrada, pode ser expandido tendo as mesmas restrições [12].

Na Figura 8 apresenta-se o esquema de ligações do CLP.

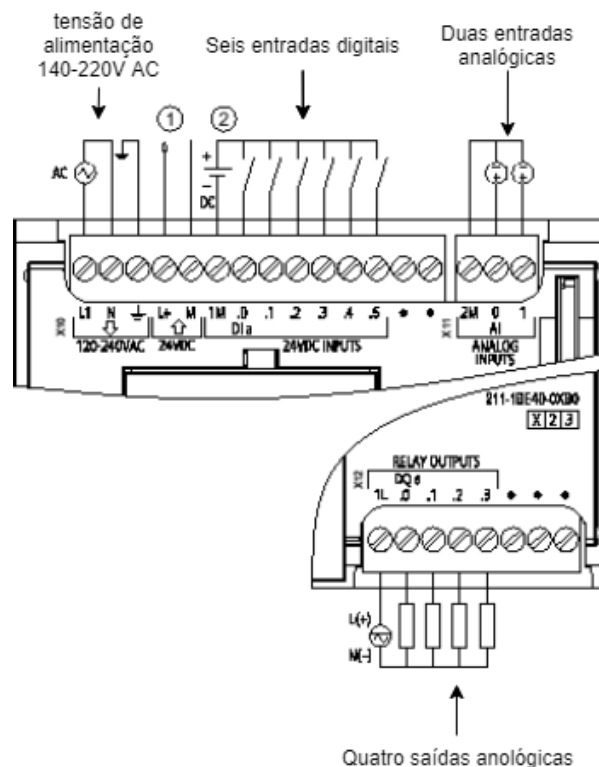


Figura 8- Esquema elétrico do CLP [13]

3.1.3. RAME FLASH MEMORY

A memória *flash* é uma memória não volátil onde reside o sistema operativo do CLP. Esse só é, na realidade, formado por um conjunto de programas supervisores que fornecem ao CLP identidade própria. Como é uma memória não volátil não necessita de qualquer fonte de alimentação, mas acaba por ser mais lenta que a Memória de Acesso Aleatório (RAM).

A memória RAM usa energia elétrica para ler e escrever os processos executados pelo *Control Processing Unit* (CPU), apresentando uma velocidade de processamento muito rápida, mas necessita duma fonte de alimentação para manter os dados guardados.

3.1.4. PROCESSADOR

Juntamente com a memória, o processador controla todas as operações do CLP, e é o responsável pela execução de cálculos, decisões lógicas e instruções necessárias para o bom funcionamento do sistema.

O processador opera no controlador na seguinte forma (Figura 9):

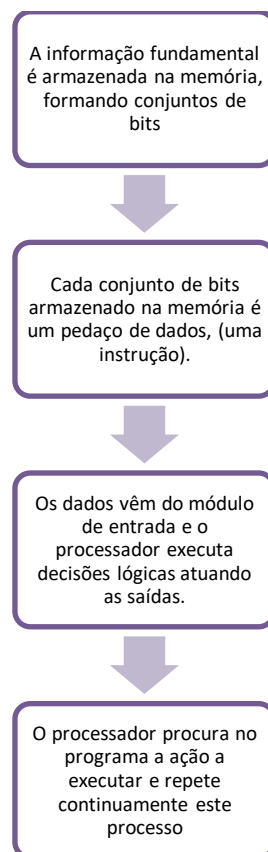


Figura 9- Método de operação do processador

3.2. PROCESSAMENTO DE OPERAÇÕES NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O processamento de operações no controlador lógico programável (CLP) é efetuado tendo em conta os seguintes modos de funcionamento:

- *Stop mode* - Na instância em que o controlador se encontra neste modo, o *Light Emiting Diode (LED) Run/Stop* emite uma luz amarela. Neste modo o programa não é executado, e é neste modo que se faz o *download* do projeto para o CLP;
- *Run mode* - O CLP está em *Run mode* quando o LED *Run/Stop* emite luz verde, neste modo o processador está ativo e está sempre a executar o ciclo de *scan*. Neste modo as interrupções encontram-se ativas e acontecem a qualquer momento do programa;
- *Startup mode*- Neste modo de operação, o processador executa as funções *startup* (se presentes), não se encontrando as interrupções ativas, e o led *Run/Stop* encontra-se desligado enquanto se executa este processo.

A Figura 10 mostra um ciclo de atuação do CLP.

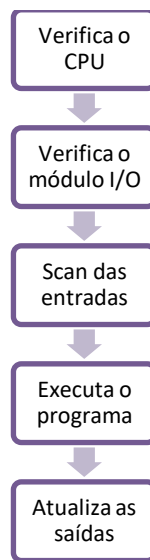




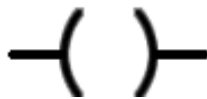
Figura 10- Ciclo de *scan* do CLP

3.3. SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADO

O programa utilizado para efetuar a programação do CLP foi o *Totally Integrated Automation* (TIA) Portal, e a linguagem utilizada foi o *Ladder*.

O TIA Portal é um programa criado pela Siemens para o controlo de todos os seus autómatos. O *Ladder* é uma linguagem gráfica constituída por bobinas (saídas do circuito), e contactos (entradas do circuito) estes sendo normalmente abertos NO, ou normalmente fechados NC, dependendo do sensor em questão, é uma linguagem organizada em linhas, contendo algumas das metodologias utilizadas nos circuitos elétricos como a série e o paralelo. A Tabela 2 mostra os diferentes tipos de contactos na linguagem *Ladder*.

Tabela 2- Tipos de contactos na linguagem *Ladder*





Nomenclatura	Abreviação	Símbolo
Contacto normalmente aberto	NA	
Contacto normalmente fechado	NF	
Bobina	—	

O TIA Portal divide-se em duas partes importantes:

- o sistema operacional - que organiza todas as funções e sequências do controlador
- programa do utilizador - que inclui todos os blocos necessários para o processamento e execução do projeto em específico. Este último é programado pelas funções de blocos encontradas no controlador.

A Tabela 3 mostra os quatro tipos de funções de blocos no Tia Portal.

Tabela 3- Funções de blocos no TIA Portal

<p>Organization Block(OB)</p>	<p>É a interface entre o sistema operativo e o programa do utilizador. Este bloco é chamado pelo sistema operativo e realizam os seguintes processos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • executam as funções de <i>startup</i> do CLP • o processamento cíclico do programa • processamento dos programas controlados por interrupções • controlo de erros 	
<p>Function (FC)</p>	<p>Este tipo de bloco não contém armazenamento de dados cíclicos. É por isso que os valores dos parâmetros dos blocos não podem ser guardados até à próxima chamada e devem ser fornecidos com parâmetros quando chamados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • não contém armazenamento de dados cíclicos • <i>Tags</i> temporárias e externas são indefinidas quando chamadas em blocos não otimizados. Nos blocos otimizados, os valores são sempre predefinidos para o valor padrão. • de forma a armazenar os dados deste tipo de blocos é necessário um <i>global data block</i>. • podem ter várias saídas. 	
<p>Function Blocks (FB)</p>	<p>Os FBs são blocos com armazenamento de dados cíclico, nos quais os valores das variáveis são permanentemente armazenados. No momento em que este bloco é criado é lhe associado um <i>data block</i> que armazena permanentemente os valores das variáveis.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os FB contêm armazenamento de dados cíclicos • <i>Tags</i> estáticas mantêm o valor de ciclo a ciclo 	
<p>Data Block (DB)</p>	<p>Os dados das variáveis está localizada nestes blocos que podem ser acedidos por todos os blocos do programa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • espaço de memória bem estruturado • rápida velocidade de acesso. • podem ser acedidos por todos os blocos do programa. • esta estrutura pode ser constituída por todos os tipos de dados. 	

Neste projeto, o CLP foi utilizado para controlar o *Hardware*. No capítulo seguinte é apresentado o *hardware* do sistema.

4. EQUIPAMENTO UTILIZADO

Numa piscina municipal são utilizados vários sensores para fazer o controlo de qualidade da água. Cada um destes sensores, tem como função a medição e controlo de vários parâmetros como, nível do pH, caudal da piscina, e o nível do cloro.

Estes sensores não operam de forma independente sendo necessário um terminal para fazer o controlo dos vários sensores, criando assim um ciclo entre os diferentes aparelhos utilizados neste projeto para o controlo de piscinas, Figura 11.

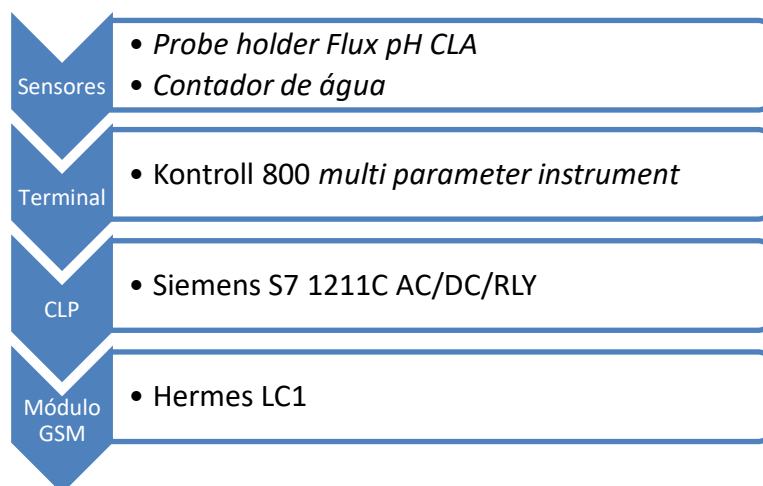


Figura 11- Processos de controlo para a gestão de qualidade de piscinas.

Este projeto tem por objetivo a recolha de informação proveniente de vários sensores incorporados na piscina, e recorrendo a um CLP, efetuar o controlo de todos os seus parâmetros visando a qualidade da água. No caso de serem detetados níveis impróprios de algum parâmetro, deverá ser enviado através de um módulo GSM, uma mensagem informativa para o responsável da manutenção, com vista a que seja providenciada a rápida regulação do ou dos parâmetros que se encontram fora dos limites aceitáveis para o bom funcionamento de todo o processo.

4.1. INTEGRAÇÃO DOS SENSORES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROJETO

Na linha de recirculação da água da piscina é realizada uma picagem à frente do filtro (pequena parte do caudal é aproveitado para efeitos de medição) onde se instalam os equipamentos que irão realizar a medição, controlo e reposição dos valores de cloro e pH da água. A Aquaquímica desenvolveu um equipamento que denomina por “Painel de cloro e pH” (Figura 12), onde se encontram ligados os seguintes elementos.

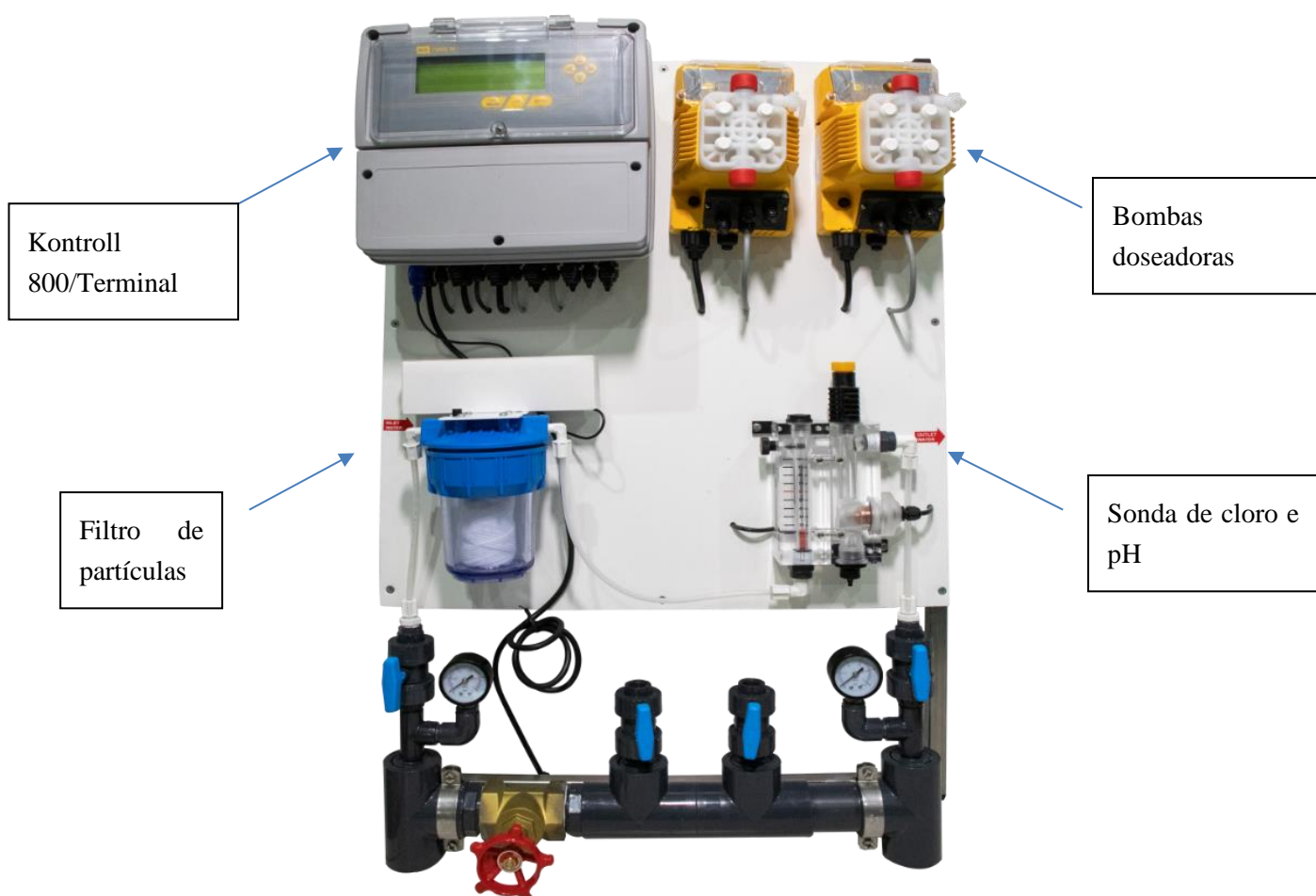


Figura 12 – Painel de medição e controlo da Piscina

Indicações dos aparelhos

- Kontroll 800/Terminal – este aparelho tem como função controlar a sonda de pH, sonda de cloro e, a bomba doseadora, de modo que seja feita a regulação destes valores na piscina;
- Bomba doseadora de pH – ao receber o sinal do terminal aplica o produto regulador que corrige o valor de pH;

- Bomba doseadora de cloro – ao receber o sinal do terminal aplica o produto regulador que corrige o valor de cloro;
- Filtro de partículas – tem como função a filtragem de partículas presentes na água, que podem por norma alterar os valores das medições ou até mesmo partir a sonda de pH e cloro;
- Sonda de pH – lê o valor de pH da água;
- Sonda de cloro – lê a concentração de cloro na água;
- Sensor de fluxo – Quando o caudal é superior a sessenta litros por hora (caudal mínimo que permite que as sondas realizem medições corretas), este sensor permite o funcionamento da sonda de pH e cloro. Caso o caudal seja inferior, este sensor desliga as sondas.

Na parte inferior do painel encontram-se as válvulas que estão presentes no sistema de recirculação da piscina.

A Figura 13 mostra as principais interações entre os aparelhos utilizados neste sistema de controlo do valor de cloro e pH.

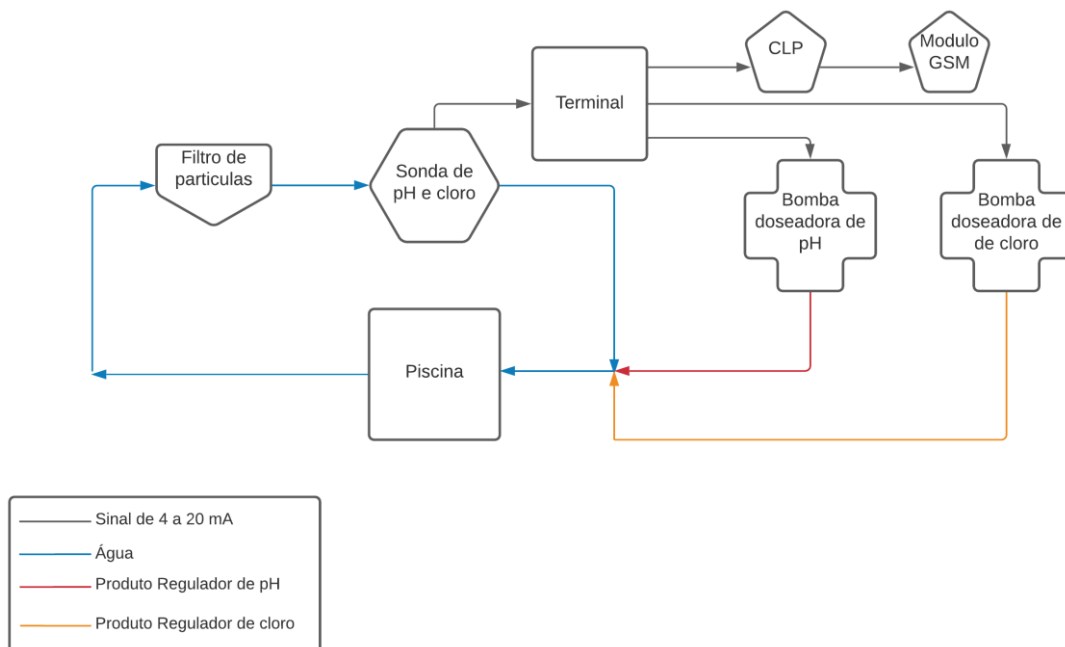


Figura 13- Diagrama de blocos das interações dos diferentes sensores.

Quando ocorre a picagem da água para o sistema de medição e controlo de qualidade, esta começa por atravessar o filtro de partículas, onde são removidos sedimentos que poderiam

ser prejudiciais ao funcionamento dos sensores. De seguida, a água é conduzida até às sondas de pH e cloro sendo primeiro medido o caudal da água. Caso este seja superior a sessenta litros por hora, são iniciadas as medições de cloro e do valor de pH da água. Por fim, a água que serviu para efeitos de medição é reenviada à piscina.

4.1.1. Sonda de cloro e pH/PROBE HOLDER FLUX pH CLA

O modelo da sonda de cloro e pH, denominado por Probe Holder Flux pH CLA encontra-se dividido em três módulos:

- Sensor de fluxo;
- Sonda amperométrica de cloro;
- Sonda de pH;

O sensor de fluxo (Figura 14) tem como principal função garantir que a água que passa no sensor está em constante movimento, para garantir que a leitura efetuada pelo sensor não é sempre da mesma porção de água. Tal poderia levar a uma disparidade de resultados entre o valor medido pela sonda e o valor real da piscina.



Figura 14- Sensor de fluxo da sonda

Quando passa água pela sonda amperométrica de cloro (Figura 15) e pela sonda de pH (Figura 16), estas enviam um sinal de corrente de 4 a 20 mA para o terminal, sendo que quatro miliamperes significa zero partes por milhão de cloro e, vinte miliamperes significa cinco partes por milhão.



Figura 15- Sonda amperométrica de cloro e respetivo suporte

No topo do suporte da sonda amperométrica de cloro é colocada uma tampa onde pode ser inserida uma sonda de pH.



Figura 16- Sonda do nível de pH [14]

4.1.2. CONTADOR DE ÁGUA

O contador tem como função enviar impulsos quando determinado volume de água passa por ele, possuindo um painel para efetuar a leitura do referido volume (Figura 17).

O painel superior indica o volume passado em m^3 . O ponteiro mais à esquerda indica a quantidade de decilitros passados. Quando esse ponteiro completar uma volta, o ponteiro seguinte incrementa 1 valor, e assim sucessivamente, até que o ponteiro final completa uma volta e é incrementado um m^3 no painel.



Figura 17-Painel de leitura de um contador de água [15]

Em termos elétricos, este contador possui uma constante, denominada de k , que significa o nº de impulsos que o mesmo envia até por ele passar um litro de água.

O contador usado possui um $k = 4$ o que significa que, quando ocorre um impulso, passaram 0,25 L pelo contador.

Este aparelho pode ser ligado no CLP como uma entrada digital através de um cabo que é ligado diretamente ao contador. O sistema projetado neste trabalho possui um contador que se encontra colocado na entrada de água de compensação da piscina, para efetuar a medição diária de água limpa que entra na mesma.

4.1.3. BOMBAS DOSEADORAS

A Athena AT. AM (Figura 18) é uma bomba doseadora eletromagnética introduzida no sistema para dosear produto regulador de cloro ou produto regulador de pH.



Figura 18- Bomba doseadora Athena AT. AM [16]

A bomba doseadora é comandada pelo Kontroll 800.

Na Figura 19 apresenta-se o painel de controlo que se encontra no topo da bomba doseadora. Este painel permite regular o modo de funcionamento da bomba. Cada modo de funcionamento determina como é que o produto irá ser doseado.

Tanto a bomba doseadora de cloro como a de pH, encontram-se no modo de funcionamento 1:1. Neste modo de funcionamento, a bomba recebe o sinal externo (emitido pelo controlador), e com o potenciómetro regulado a 100%, realiza uma injeção do produto químico. É possível reduzir a percentagem de dosagem através do potenciómetro.

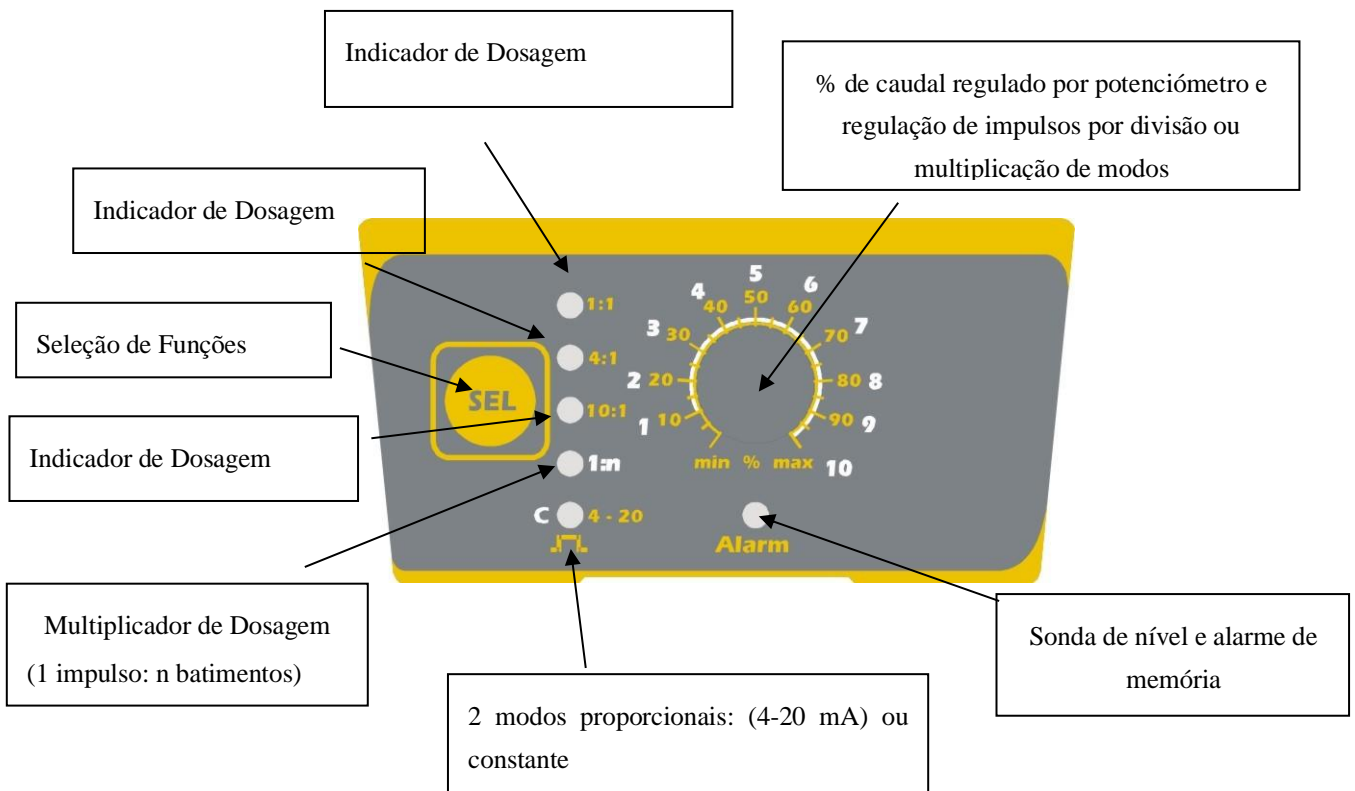


Figura 19- Painel de controlo da bomba doseadora [17]

Para além do painel de controlo, a bomba doseadora também possui uma série de entradas e saídas que são necessárias ter em atenção. As ligações elétricas da bomba doseadora estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4- Ligações elétricas da bomba doseadora [18]

	1	Alarme		
	2			
	3	Polo -	Sinal de entrada 4 - 20mA	
	4	Polo +		
	5		sinal de entrada frequência	12 Vcc entrada
	6	sinal de entrada frequência, contacto livre (caudal/impulso doseamento)		Polo +
	7			Polo -
	8	<i>Dip-switch</i>		
B	Entrada da sonda de nível			

4.2. KONTROL 800 MULTI PARAMETER INSTRUMENT

O Kontrol 800 permite a criação de uma série de aplicações complexas de tratamento de água, visto que este sistema tem a capacidade de gerir vários parâmetros como:

- *Redox* (abreviação de redução / oxidação);
- Níveis de cloro e pH;
- Condutividade;
- Caudal da piscina.

O modelo adquirido para este projeto denominado por Kontrol K800 pH–*Chlorine/ Bromine*, tem a capacidade de medir três parâmetros: o nível de cloro, o caudal, e o nível de pH. A Figura 20 mostra o modelo utilizado.

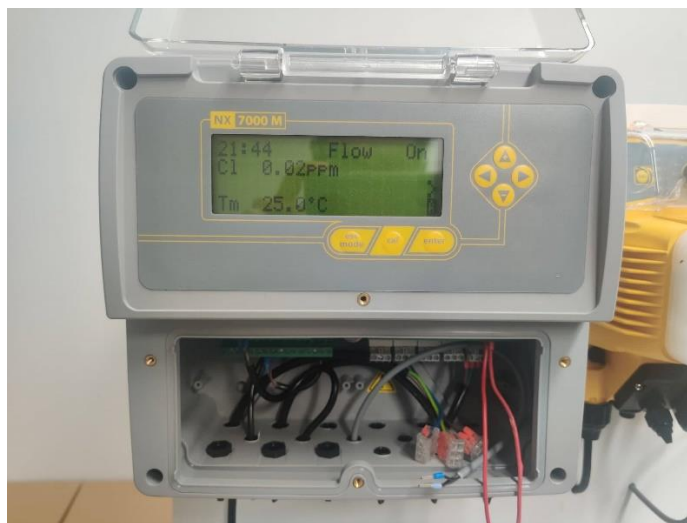


Figura 20- Kontrol K800 pH–*Chlorine/ Bromine*

Este modelo possui na sua constituição um painel com um LCD e sete botões, que são usados para o utilizador ter acesso aos seguintes valores:

- nível do cloro na água em partes por milhão;
- nível de pH;
- horas;
- estado de funcionamento da bomba doseadora *Flow On/Off*;
- temperatura da água.

Os botões são os seguintes: quatro setas direcionais, um ENTER, um botão de retroceder, e um botão de calibração. Quando o botão de calibração é pressionado, é aberto o menu de calibração. Neste menu é possível fazer a calibração dos sensores como por exemplo a sonda de cloro, a sonda de pH entre outros.

No exemplo seguinte é mostrado o processo de calibração manual de uma sonda de pH utilizando o Kontroll 800:

- escolher duas soluções padronizadas de pH. Neste caso foram escolhidas duas soluções de pH 8 e pH 6;
- pressionar o botão de calibração;

- no menu de calibração selecionar a sonda de pH;
- escolher a opção calibração manual;

Na Tabela 5 são mostrados os restantes passos para a calibração da sonda de pH, onde também constam os vários menus utilizados:

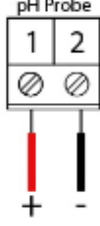
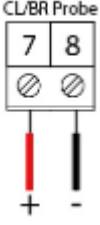
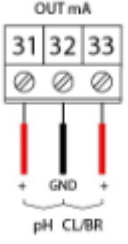

Tabela 5 - Processo de calibração de uma sonda de pH [19]

<p>pH 8.00pH</p> <p>CAL. 25.0°C</p> <p>Type: Man</p>	<p>Colocar a sonda de pH na primeira solução e no Kontroll 800 inserir o valor de pH da mesma.</p>
<p>pH 8.00pH</p> <p>CAL. 25.0°C</p> <p>Type: Man</p> <p>Wait 60"</p>	<p>Esperar sessenta segundos até que o aparelho termine o processo.</p>
<p>pH 8.00pH</p> <p>CAL. 25.0°C</p> <p>Type: Man</p> <p>Quality 100%</p>	<p>O Kontroll 800 mostra a qualidade da sonda em percentagem (entre 25% e 100%, se a sonda estiver abaixo de 25% aparece uma mensagem de erro a pedir a substituição da sonda).</p>
<p>pH 6.00pH</p> <p>CAL. 25.0°C</p> <p>Type: Auto</p> <p>Wait 60"</p>	<p>Colocar a sonda de pH na segunda solução com um valor de pH diferente e inserir o valor no Kontroll 800</p>
<p>pH 8.00pH 6.00pH</p> <p>CAL. 100% 100%</p> <p>Type: Auto</p>	<p>O Kontroll 800 mostra a qualidade da sonda na segunda solução. No fim deste processo é mostrada uma mensagem que indica que a calibração foi completada</p>

Para além do painel de informação e dos sete botões, este sistema, dependendo do modelo, tem sessenta e sete portos (entradas e saídas) onde são efetuadas as ligações elétricas do sistema.

A Tabela 6 mostra as entradas e saídas utilizadas neste projeto, entre o terminal e as sondas, e o CLP.

Tabela 6 - Ligações elétricas efetuadas no Kontroll 800 [20]

<p>Entrada onde é efetuada a ligação entre a sonda de pH e o terminal</p>	
<p>Entrada onde é efetuada a ligação entre a sonda de cloro e o terminal</p>	
<p>Saídas do terminal que servem como entradas analógicas para o CLP ler os níveis de pH e cloro na piscina.</p>	
<p>Fonte de alimentação do terminal</p>	

As duas entradas analógicas do CLP estão ligadas ao Kontroll 800, sendo que a primeira entrada tem como função ler o nível de cloro, e a segunda ler o valor de pH. O CLP recebe um sinal de corrente proveniente do terminal, tendo este sinal como valor mínimo quatro miliampères e um valor máximo de vinte miliampères. O valor de quatro miliampère é lido no CLP como valor zero, sendo que qualquer sinal de corrente enviado abaixo deste valor não será lido pelo CLP. Como o CLP na sua entrada analógica lê valores de tensão entre 0 e 10 V, foi utilizada uma resistência de 500 Ω no circuito para que o CLP consiga ler valores provenientes do Kontroll 800.

Por último, na Tabela 7 são mostradas as especificações mais importantes do Kontroll 800 para o projeto.

Tabela 7 – Especificações do Kontroll 800 [21]

Fonte de alimentação	120-240 Vac
Duração do Sistema	43800 horas (tem uma garantia de operação contínua durante 5 anos)
Resolução do pH	0.00 – 14.00, (resolução ± 0.01 pH)
Resolução de cloro livre na água	0.01 – 5.00, (resolução ± 0.01 ppm)
Temperatura ambiente de trabalho	0 – 40° C e 0 – 95%, humidade relativa
Saídas relacionado com medições químicas	2 saídas de corrente 4 – 20 mA, (resolução de ± 0.01 mA)

4.3. MÓDULO GSM

GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis) é uma das principais tecnologias utilizadas por telemóveis ao longo do mundo.

Numa rede GSM, o terminal do utilizador chama-se estação móvel. Uma estação móvel é composta por um cartão SIM (*Subscriber Identity Module*), o qual permite identificar o utilizador e o aparelho móvel (na maioria dos casos o telemóvel).

Os aparelhos móveis são identificados por um número de identificação único de 15 caracteres chamado IMEI (*International Mobile Equipment Identity*). Cada cartão SIM possui igualmente um número de identificação único (e secreto) chamado IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*). Este código pode ser protegido com a ajuda de uma chave de 4 números designada de código PIN.

O cartão SIM permite assim identificar cada usuário, independentemente do terminal utilizado. A comunicação entre uma estação móvel (aparelho) e a estação básica dá-se através de uma técnica de transmissão de dados denominada TDMA (*Time Division Multiple Access*)[22].

4.3.1. HERMES LC1

O Hermes LC1 é um sistema de telegestão que funciona via GSM, concebido para contornos industriais, o qual permite monitorizar a partir de um telefone GSM e mediante o serviço de mensagens curtas (SMS) as ocorrências. Quando um alarme ativa no sistema monitorizado, o módulo envia uma mensagem curta contendo um texto descritivo, o qual inclui uma mensagem editável, a data a que o alarme foi ativo, e o nome da estação. O módulo GSM pode ser visto na Figura 21.

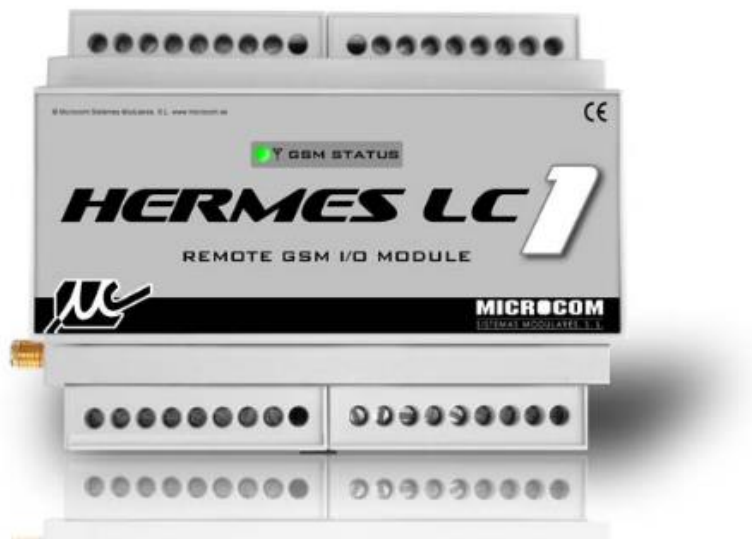


Figura 21 - Hermes LC1 [23]

O módulo GSM possui as seguintes características:

- 8 entradas digitais DC com uma gama de 5 – 15 Volts;
- 2 saídas em Relé e 4 saídas em coletor aberto;
- *Slot* para introdução de um cartão SIM;
- Conetor mini USB;
- Conetor para antena;
- LED que indica a força do sinal de rede móvel captada pelo GSM.

Como mencionado anteriormente, este sistema possui um LED bicolor vermelho/verde que indica o nível de conexão do módulo GSM há rede e os possíveis erros detetados. Na Tabela 8 é indicado o significado dos diferentes estados indicados pelo LED:

Tabela 8- Significado do estado do LED

Número de vezes em que o LED pisca vermelho	Número de vezes em que o LED pisca verde	Significado
1	0	Não foi inserido cartão SIM ou o módulo não consegue fazer a conexão à rede.
1	1	Módulo consegue fazer conexão à rede, mas a intensidade do sinal é insuficiente.
1	2	Módulo consegue fazer conexão à rede, e a intensidade do sinal é suficiente.
1	3	Módulo consegue fazer conexão à rede, e a intensidade do sinal é excelente

Para o módulo funcionar corretamente é necessário que o código PIN do cartão SIM esteja desativo, é também necessário que o cartão tenha saldo para conseguir comunicar com outros dispositivos via SMS. Na Figura 22 está representado o esquema de entradas e saídas do módulo GSM.

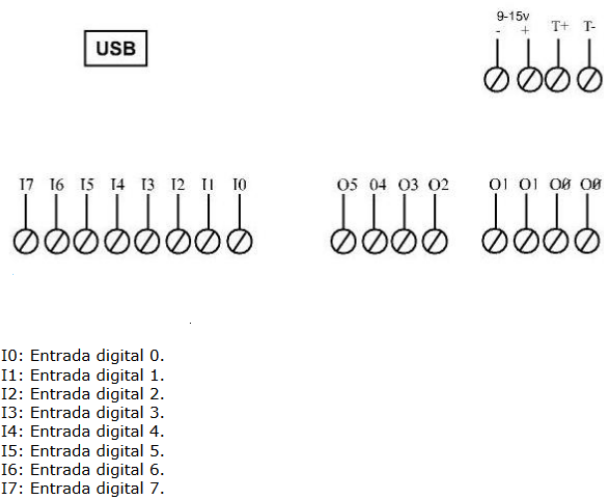


Figura 22 - Esquema elétrico do módulo GSM [23]

Neste projeto foram ligadas as entradas do módulo GSM às saídas do CLP. Este módulo foi alimentado de duas formas:

- fonte de alimentação UPS1212 12V/12W;
- bateria de chumbo-ácido 12 V 1.3 A.

A Figura 23 mostra as fontes de alimentação:



Figura 23-Fontes de alimentação do módulo GSM [23 e 24]

O módulo UPS1212 foi utilizado como fonte primária e caso aconteça uma falha na alimentação é usada uma bateria de chumbo-ácido.

4.3.2. PROGRAMADOR DO MÓDULO GSM

O módulo GSM é controlado pelo *software* “*MicroCom configuration tool*”, o qual possui dois menus:

- menu de configuração do módulo GSM;
- menu da configuração das entradas do módulo.

A Figura 24 mostra o menu de configuração do controlador.



Figura 24 – Menu inicial do programador

Neste menu são efetuadas as seguintes configurações:

- menu de conexão/*status* do módulo GSM;
- definição dos detalhes do cartão SIM;
- adição dos números de telefone destinados a receber o alerta;
- criação de máscaras que definem os níveis de prioridade do operador;
- configuração do servidor *Access Point Name* (APN);
- definição do nome.

O menu da Figura 25 mostra o menu das entradas do módulo GSM mais especificamente na submenu de entradas digitais.

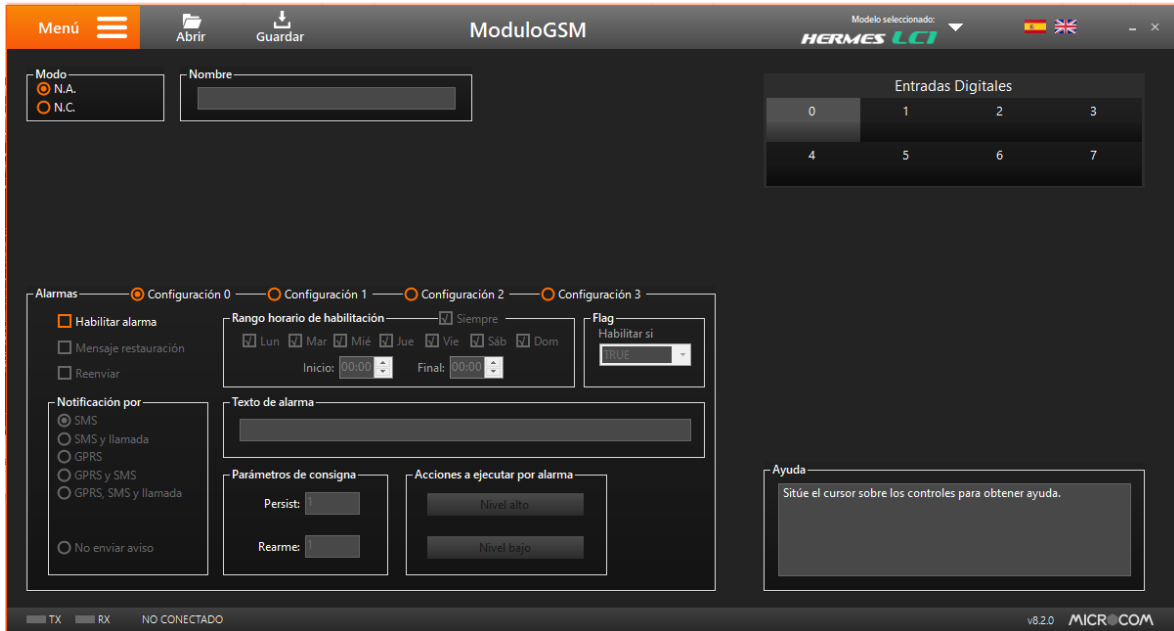


Figura 25 – Menu de entradas digitais

Neste menu são configurados:

- o tipo de contato da entrada digital;
- o tipo de notificação a executar (envio de um SMS, chamada ou localização do alarme);
- mensagem a inserir no alarme;
- mensagem adicional quando o contato que ativou o alarme fechar;
- *delay* a executar do alarme, após o contato da entrada ativar;
- tempo de rearme do alarme.

5. TESTES E RESULTADOS

Para se atingir um bom controlo de qualidade da água é necessário atuar, prontamente quando qualquer um dos parâmetros atingir valores fora do estipulado por lei.

O objetivo deste projeto, é criar um sistema que controle e informe o gestor da piscina, dos parâmetros mais importantes para o controlo da qualidade da água da piscina.

O módulo do sistema relacionado com a parte que pode ser programada, encontra-se no fluxograma da Figura 26:

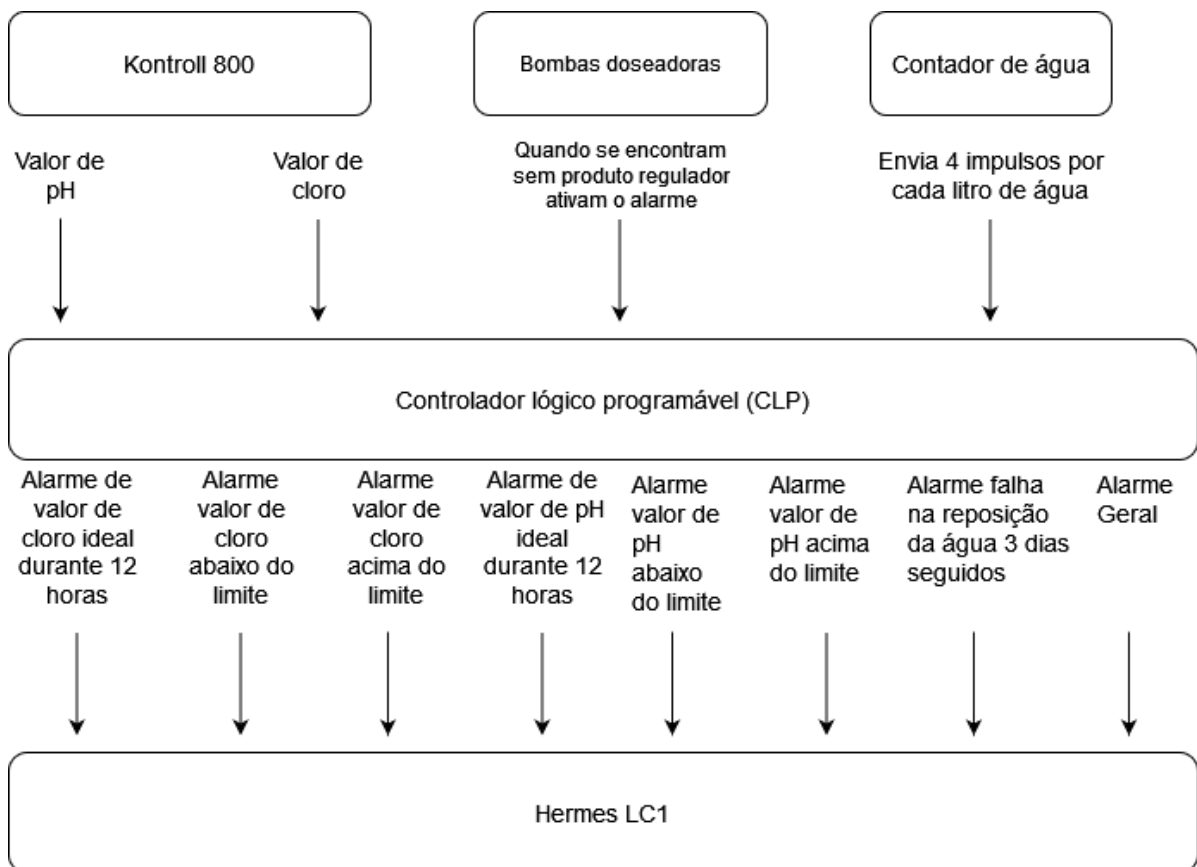


Figura 26 -Módulos do sistema

Para atingir este objetivo foi criado um sistema que interage com os sensores e, envia oito mensagens distintas ao utilizador, as quais são as seguintes:

1. o valor de cloro permaneceu dentro do intervalo definido durante doze horas;
2. o valor de cloro está abaixo do limite mínimo do intervalo definido;
3. o valor de cloro está acima do limite máximo do intervalo definido valor desejado;
4. o valor de pH permaneceu dentro do intervalo definido durante doze horas;
5. o valor de pH está abaixo do limite mínimo do intervalo definido;
6. o valor de pH está acima do limite máximo do intervalo definido valor desejado;
7. a compensação de água nova à piscina não foi cumprida dentro do limite legal ao fim de 3 dias;
8. Alarme Geral foi ativado.

A programação do sistema foi feita segundo o fluxograma da Figura 27.



Figura 27 –Passos necessários para efetuar a programação do sistema

5.1. TESTES NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Toda a programação efetuada no CLP foi realizada no TIA *portal* com a linguagem *Ladder*.

Para se obter informações das variáveis necessárias ao controlo de qualidade de água, é necessário ler as saídas do Kontroll 800, das bombas doseadoras e do contador de impulsos.

A programação do CLP para a leitura das saídas do Kontrol 800 é descrita da seguinte forma.?

As seguintes saídas só efetuam a abertura ou fecho de um contacto (saídas digitais):

- sensor do nível de produto da bomba doseadora;
- impulsos do contador de água.

Para além das saídas mencionadas, o Kontroll 800 também possui duas saídas que enviam um impulso de corrente de 4 a 20 mA (saídas analógicas):

- quantidade de cloro livre na água em ppm;
- valor de pH da água.

Como o CLP usado foi feito para receber sinais analógicos entre 0 a 10 V, foi utilizada uma resistência de 500 Ω para que, o CLP possa medir correntes entre 0 a 20 mA.

Para transformar o sinal elétrico lido pelo CLP para a variável desejada foram utilizadas duas funções:

- NORM_X- O CLP – ao ler o sinal analógico atribui um valor ao mesmo de 0 a 27648. Esta função transforma esse valor num valor percentual de 0 a 100%. Visto não querermos ler os valores de 0 a 20 mA e sim de 4 a 20 mA o valor mínimo foi calculado da seguinte forma:

$$Valor\ minimo = \frac{27648 * 4}{20} = 5510 \quad (2)$$

Logo os parâmetros inseridos na função foram o valor mínimo 5510, o valor máximo 27648, o endereço correspondente à entrada física do CLP.

- **SCALE_X** – Esta função converte o valor percentual num número real dentro dos limites desejados. Como o Kontroll 800 mede o valor de cloro livre entre 0 a 5 ppm, e o pH entre 0 a 14, foram estes os valores inseridos.

Utilizando estas duas funções, obteve-se o teor de cloro livre e o valor de pH da água.

Para criar a variável do tempo foi utilizado o *clock* interno do CLP com frequência de 1 Hz e diversos contadores. Para tal, o *clock* foi utilizado como uma entrada o qual, vai permitir incrementar o contador dos segundos. Quando o contador dos segundos chega a sessenta (60) este incrementa o contador dos minutos. Também é utilizado um comparador que quando a variável “segundos” chega a 60 faz o *reset* do contador. Os contadores de “minutos” e de “horas” seguem o mesmo processo, a única diferença é que o limite do contador de horas é de vinte e quatro (24).

Os fluxogramas das Figuras 28 e 29 descrevem a obtenção dos valores de cloro e e pH consequente a ativação dos alarmes

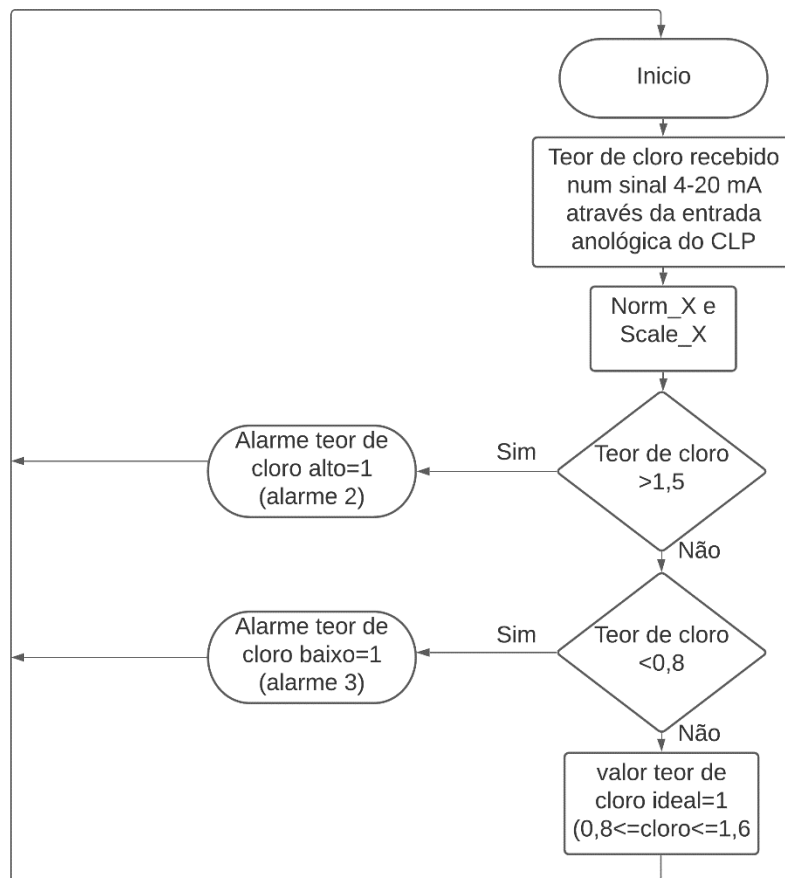


Figura 28- Fluxograma que descreve a obtenção do teor de cloro e ativa os alarmes 2 e 3

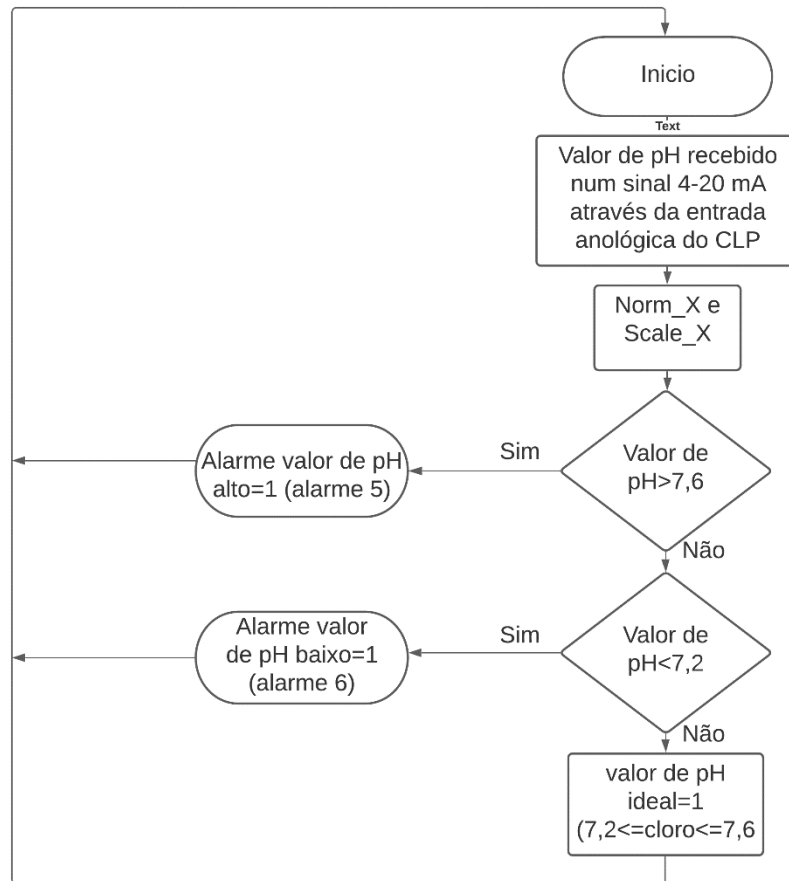


Figura 29 - Fluxograma que descreve a obtenção do valor de pH e ativa o alarme 5 e 6

Utilizando comparadores é possível ativar alarmes que indicam quando o valor de pH e a quantidade de cloro estão acima ou abaixo do desejado.

- Quando o valor medido de cloro for abaixo de 0,8 durante 2 minutos é ativada a segunda saída do CLP.
- Quando o valor medido de cloro for acima de 1,5 durante 2 minutos é ativada a terceira saída do CLP.
- Quando o valor medido de valor de pH for acima de 7,6 durante 2 minutos é ativada a quinta saída do CLP.
- Quando o valor medido de valor de pH for abaixo de 7,2 durante 2 minutos é ativada a sexta saída do CLP.

A função que cria o *delay* de 2 minutos da ativação das saídas é chamada TON. Neste bloco de *delay* é simplesmente inserido o valor de segundos a esperar, se a instrução que tem como função ativar a saída permanecer válida durante 120 segundos a saída ativa

Foram criadas duas variáveis booleanas “valor de cloro ideal” e “valor de pH ideal” que permanecem ativas enquanto os níveis de cloro e pH estiverem dentro dos limites desejados.

Foram também criados dois contadores com o limite de 12 horas. O *reset* do primeiro acontece quando a variável “valor de cloro ideal” deixa de estar ativa, e o *reset* do segundo acontece quando a variável “valor de pH ideal” é desativa. Se a variável “valor de cloro ideal” permanecer ativa durante 12 horas, a primeira saída do CLP é ativada durante 15 segundos utilizando a função TOFF.

Se a variável “valor de pH ideal” permanecer ativa durante 12 horas a quarta saída do CLP é ativada durante 15 segundos.

Os fluxogramas das Figuras 30 e 31 descrevem o funcionamento dos alarmes um e quatro que ativam de doze em doze horas se, o teor de cloro, e o valor de pH permanecerem dentro dos limites legislados.

Foi feita a chamada destas duas funções na *main* e, também foi feito nesta, o funcionamento dos alarmes 7 e 8.

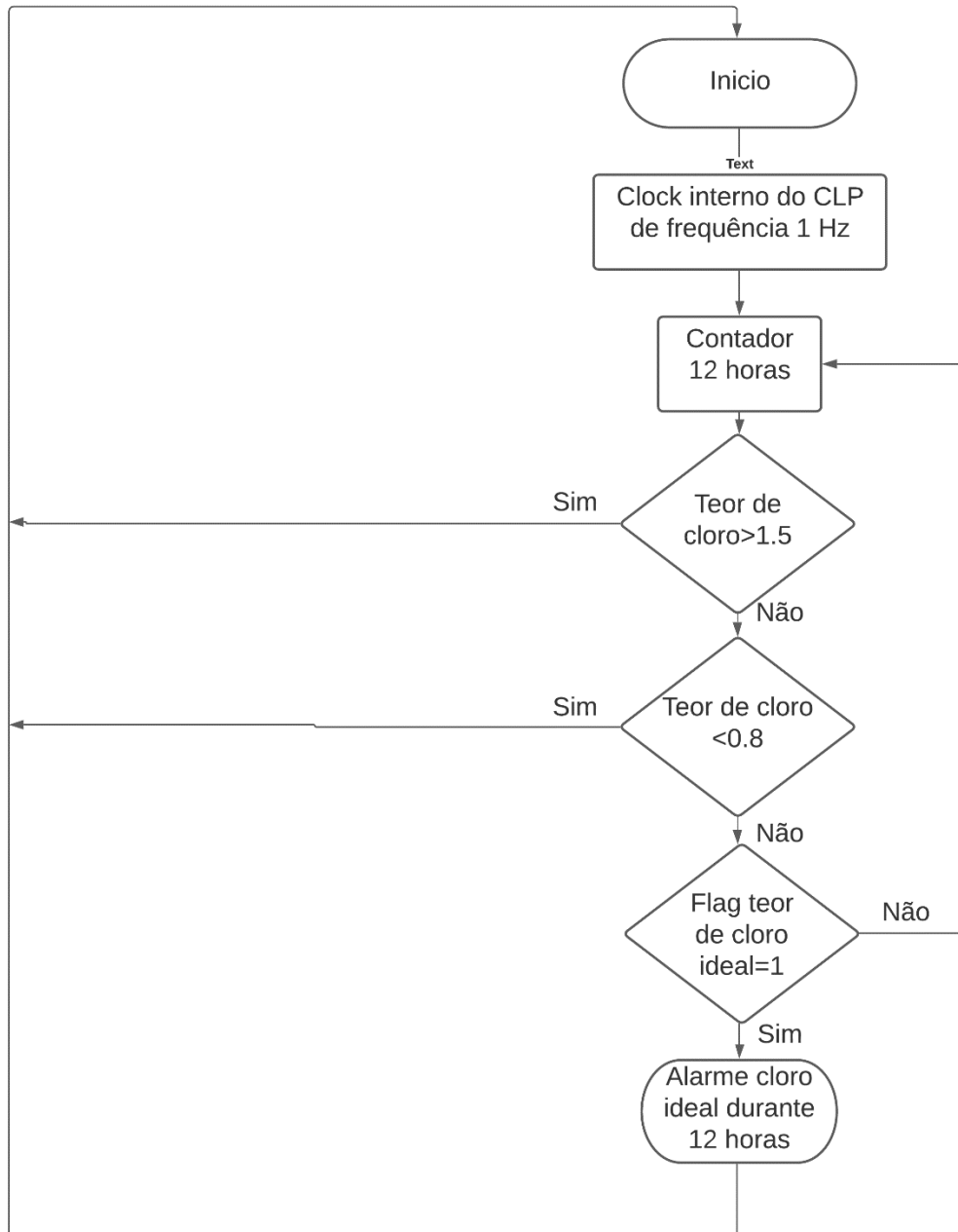


Figura 30- Fluxograma que descreve a ativação do alarme 1 (teor de cloro ideal)

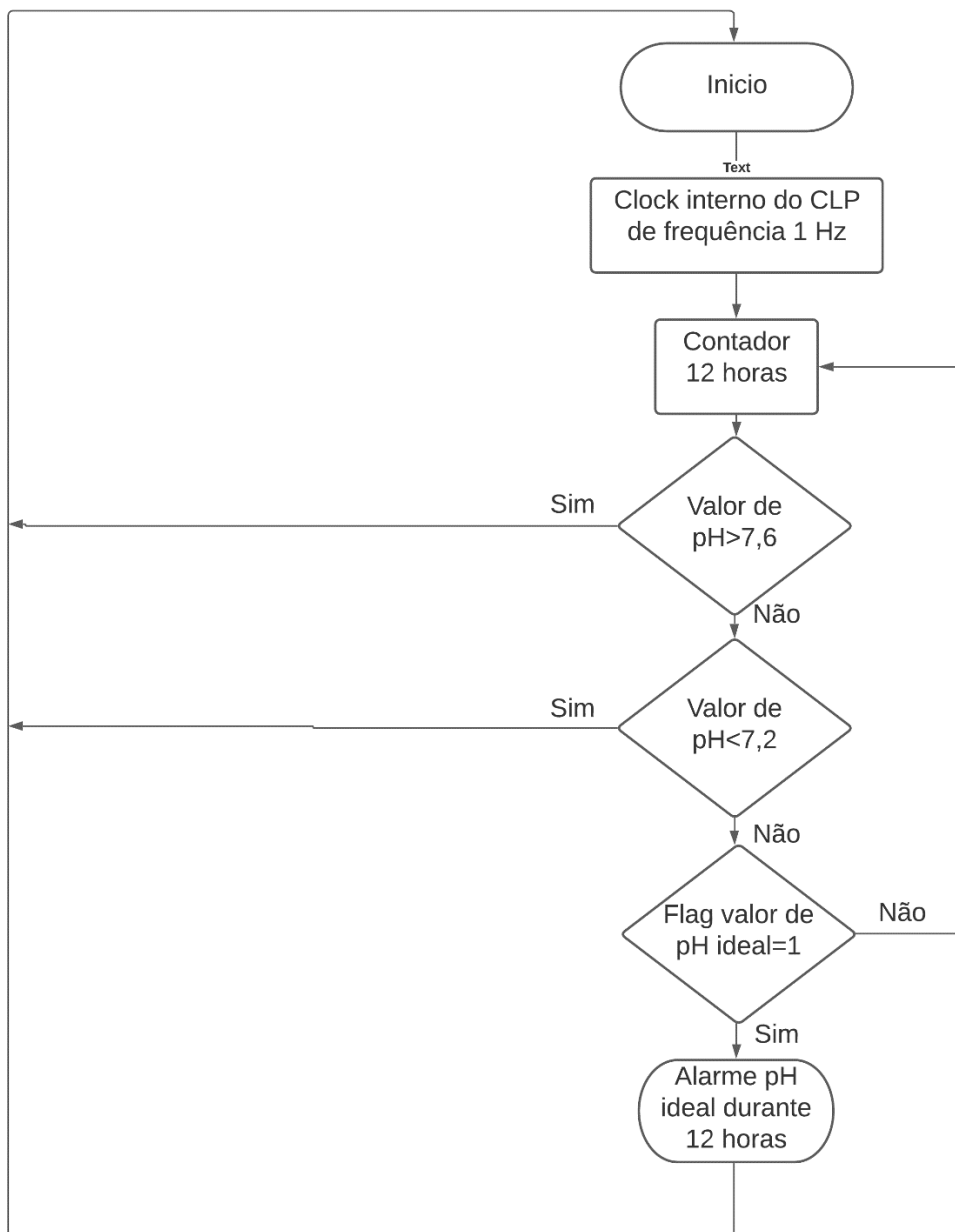


Figura 31- Fluxograma que descreve a ativação do alarme 4 (valor de pH ideal)

Tendo os fluxogramas como ponto de partida as Figuras 32, 33, 34, 35 e 36, inseridas no Anexo Funções do projeto descrevem a programação *Ladder* efetuada para os alarmes relacionados, com o teor de cloro, o valor de pH e a chamada de ambas as funções na *main*

Segundo a Diretiva “CNQ n.º 23/93” é necessário renovar toda a água inserida na piscina num espaço de 50 dias. Para garantir que este passo é cumprido, é instalado um contador na entrada de água da piscina, ou seja, por dia é necessário renovar por norma 2% da água total

da piscina. De referir que o funcionamento do bloco “Contador de 12 horas”, foi explicado anteriormente no texto.

Assumindo, por exemplo, os valores da piscina Municipal da Batalha:

- Tanque Pequeno – 12.5 x 8 m;
- máxima profundidade 1.10 m;
- mínima profundidade 0,70 m;
- plano de água 100 m²;
- volume de água 77 m³;
- temperatura 30° C.

seria necessário um volume de água para fazer a renovação da água dado pela equação (3).

$$\text{Volume de água a renovar} = \frac{77 * 2}{100} = 1.54 \text{ m}^3 \quad (3)$$

Como já referido anteriormente, cada 4 impulsos do contador correspondem a 1 litro, logo:

$$\text{N}^\circ \text{de impulsos por dia} = 4 * 1.54 * 1000 = 6160 \quad (4)$$

Visto que, por vezes, podem até não ser renovados os 2% e mesmo assim, cumprir-se a norma estabelecida por lei, foi definido o limite de 3 dias consecutivos sem renovar 2% da água, até se ativar o alarme.

Todos os dias quando o contador das “horas” do CLP atinge 24, é verificada a condição “número de impulsos maior ou igual a 6160”, e de seguida, é efetuado o *reset* do contador de número de impulsos por dia. Sempre que esta condição não é cumprida é aumentado o contador “número de dias sem repor água suficiente”. Quando o contador chega a 3 é ativada a sétima saída do CLP e é dado o *reset* ao contador.

O diagrama da Figura 37 descreve as funções utilizadas que fazem a medição do volume de água que entrou na piscina diariamente, e que ativam o alarme 7, caso não seja ultrapassado o volume mínimo de água diária a recircular durante 3 dias consecutivos. Neste fluxograma, também é ilustrado o funcionamento da função “Contador de dias de fraude”, que ativa o alarme 7. Conforme já foi referido anteriormente, o bloco “Contador 24 horas” foi explicado no texto.

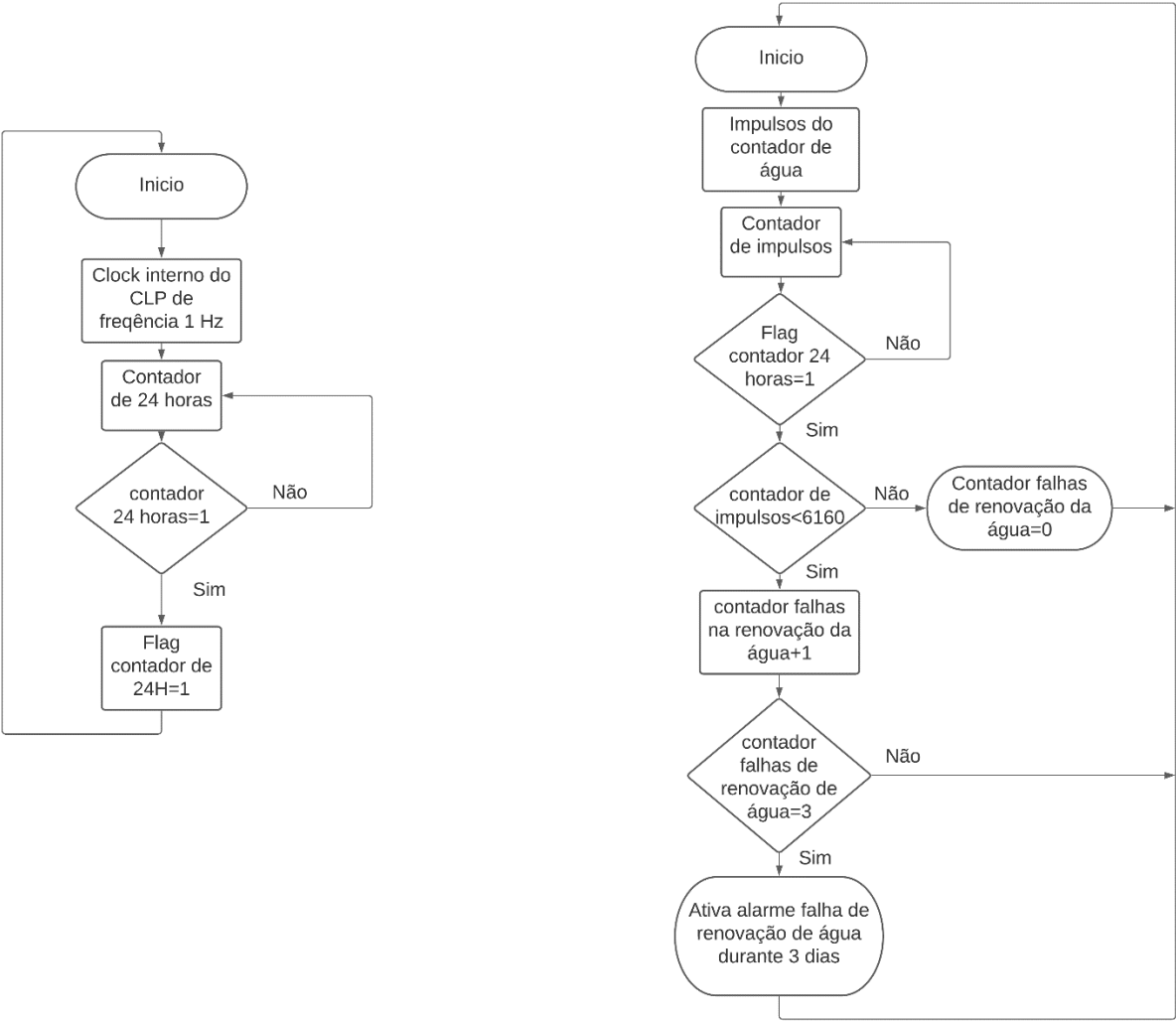


Figura 37- Fluxograma do funcionamento do alarme 7

Nas Figuras 38,39 e 40 inseridas no Anexo Funções do programa é demonstrada a programação em *Ladder* efetuado no TIA Portal para o controlo do alarme 7.

O alarme geral é ativo quando qualquer um dos restantes alarmes são ativados:

- sensor de fluxo da sonda não atinge os 60 L/h e para de ler valores;
- quando a bomba doseadora de cloro ou a bomba doseadora de pH se encontram sem produto.

5.2. TESTES NO MÓDULO GSM

As oito entradas digitais do módulo GSM estão diretamente ligadas ao CLP. A Figura 41 apresenta o menu inicial do programador:



Figura 41- Configuração do menu inicial do programador

Neste menu é necessário adicionar o nº do telefone do utilizador, assim como o APN server da rede do cartão SIM inserido no módulo.

Na Figura 43 vê-se o módulo conectado, e é também neste menu que se escreve o programa a enviar para o módulo GSM. A Figura 42 mostra as configurações efetuadas no módulo GSM relativamente à informação recebida pelas entradas do mesmo.



Figura 42- Configuração das entradas digitais do módulo GSM

Os alarmes seguintes possuem um envio de mensagem, adicional:

- Nível de cloro alto;
- Nível de cloro baixo;
- Nível de pH alto;
- Nível de pH baixo;
- Alarme geral.

Quando a entrada do módulo GSM para estes alarmes deixa de estar ativa, ou seja, quando o alarme desliga, porque os contactos são normalmente abertos, o utilizador recebe uma mensagem que indica que os níveis da piscina voltaram ao normal.

As mensagens recebidas pelo utilizador seguem o formato da Figura 43:

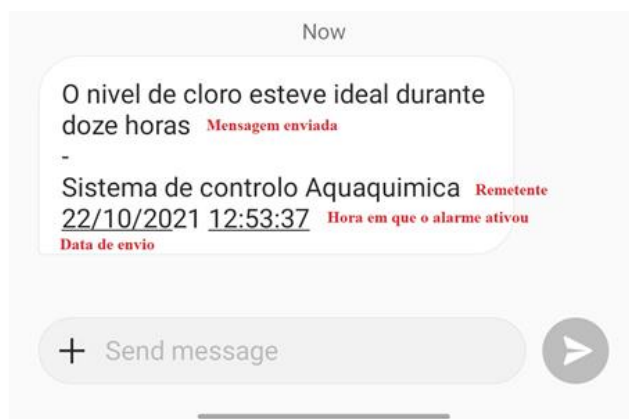


Figura 43 -Mensagem do módulo GSM

Nesta mensagem, o utilizador recebe os seguintes parâmetros:

- Mensagem escrita no módulo
- Data de envio
- Hora a que o alarme foi ativo

6. CONCLUSÕES

Visando a gestão, o controle e a caracterização das piscinas é cada vez mais necessária a implementação de novas tecnologias (telegestão) que permitam prestar um serviço de acompanhamento e monitorização, criando assim uma crescente e necessária automatização dos sistemas.

Após uma análise de todo o processo de tratamento de água de uma piscina e das diferentes etapas e variáveis, conclui-se que o controle de cloro, pH e volume de água nova potável adicionada (diluição), são as variáveis que mais contribuem para a qualidade de água da mesma.

Com os dados adquiridos sabemos a qualquer momento que a qualidade de água está “garantida” (probabilidade muito elevada de estar garantida), por exemplo:

- se o volume de água renovado for o correto para além de cumprirmos com os requisitos de lei, provavelmente os valores de cloro combinado estarão dentro do valor desejado e a água estará bem tratada;
- se o valor de cloro e pH estiverem dentro dos níveis desejados, a probabilidade de termos uma contaminação bacteriológica é mínima, o que quer dizer que a análise bacteriológica estará dentro dos valores legais.

Ao se adicionar este pacote de telegestão no acompanhamento do tratamento de águas, conseguimos garantir:

- a proposta técnico-comercial muito mais valorizada – a Aquaquímica poderá se diferenciar da concorrência uma vez que apresenta mais valias ao disponibilizar informação de forma mais rápida e antecipando problemas;
- as possibilidades de expansão e melhoria são muito grandes. Pode-se facilmente alterar e/ou acrescentar variáveis, abrindo um leque imenso de opções. Na experiência da Aquaquímica isto é um fator muitas vezes decisivo para optarem pela proposta da empresa, em detrimento da concorrência;

- permitem prestar um serviço de excelência, uma vez que ao controlar as 3 variáveis mais importantes (cloro, pH e volume de água de compensação), diminuem muito os problemas que habitualmente surgem. Normalmente, isto não é possível com visitas quinzenais/mensais;
- o gestor da piscina sente-se muito mais “confortável” porque também é avisado das ocorrências mais rapidamente;
- a empresa acompanha a evolução/tendência da tecnologia, ao permitir à distância, um acompanhamento eficaz (lição dada, infelizmente pela situação pandémica) uma vez que estas são as variáveis que mais contribuem para um bom controlo da qualidade de água da piscina, permitindo prestar um serviço de excelência.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

As possibilidades de expansão e melhoria são muito grandes. Pode-se facilmente alterar e/ou acrescentar variáveis, abrindo um leque imenso de opções, tais como:

- consola HMI com ligação TCP/IP- Ao introduzir a consola HMI é possível que tanto a empresa como o gestor da piscina possuam uma série de gráficos da evolução dos níveis de cloro e pH ao longo do tempo;
- alargar o programa de forma a suportar variáveis fora do contexto do tratamento de água.
 - controlo de temperatura da água;
 - controlo da temperatura do ar;
 - nível de humidade.
- introdução das lavagens por diferencial de pressão:
 - ao introduzir um pressostato diferencial nos filtros de areias (baixo custo e de fácil instalação), podemos controlar mais facilmente as lavagens do filtro, o que se traduz em mais uma automatização.

Referências Documentais

- [1] Diretiva CNQ n.º 23/93, de maio de 1993 - A Qualidade nas Piscinas de Uso Público. Conselho Nacional de Qualidade, Lisboa.
- [2] António Bravo — Manual Aquaquímica, Aquaquímica LDA, Póvoa de Varzim, Portugal 2021.
- [3] Alves, C., *Tratamento de Águas de Abastecimento*, 3ª ed., Publindústria Edições Técnicas, Porto, 2010. .
- [4] Vieira, P., Coelho, S.T., Loureiro, D., *Accounting for the influence of initial chlorine concentration, TOC, iron and temperature when modelling chlorine decay in water supply*. J. Water Supply Res. Technol. - Aqua 53.7, 453 – 467, 2004.
- [5] Deborde, M.; Von Gunten, U. - *Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment-Kinetics and mechanisms: A critical review*. *Water Res.* Vol. 42, n.º 1-2 2008.
- [6] Black & Veatch - White's handbook of chlorination and alternative disinfectants. 5th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010.
- [7] Clark & Sivaganesan *Development of a Ct equation for the inactivation of Cryptosporidium oocysts with ozone*, 2002.
- [8] O Conselho Directivo do IRAR, 2007, Acedido em 15/6/2021:
http://www.arsnorte.min-saude.pt/wp-content/uploads/sites/3/2018/01/Agua_Consumo_Recomendacao_IRAR.pdf.
- [9] Organização Mundial de Saúde, Desinfeção da água. Gabinete Regional da Europa, 1996.
- [10] Organização Mundial de Saúde - *Guidelines for Safe Water Environments – Vol. 2: Swimming Pools and Similar*, 2006.
- [11] A.Cabral Faria— *Piscinas: Instalações e Tratamento de água*, Lisboa.2018.
- [12] STEP 7 Professional V12.0. SIMATIC System Manual, Edition 01 / 2013. SIEMENS.CONTROL ENGINEERING Acedido em 20/6/2021:”
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/68113678/att_25395/v1/STEP_7_Basic_V12_enUS_en-US.pdf”

- [13] “Esquema elétrico do CLP”, Acedido em 18/8/2021
“<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=60466503307&lc=en-US>”
- [14] “Contador de água”, Acedido em 18/8/2021
“https://www.aguadesjoao.pt/?page_id=15.”
- [15] “Sonda do nível de pH”, Acedido em 21/8/2021
<https://www.sativagrow.es/tienda/recambios-y-herramientas/12815-sonda-ph-recambio-sp-p5-hydromaster-hm500.html>.”
- [16] “Bomba doseadora Athena AT.AM, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.aquatech.ro/wp-content/uploads/2013/03/Manual-Pompa-Athena-AT.AM.pdf>.”
- [17] “Painel de control da bomba doseadora”, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.aquatech.ro/wp-content/uploads/2013/03/Manual-Pompa-Athena-AT.AM.pdf>.”
- [18] “Ligações elétricas da bomba doseadora”, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.aquatech.ro/wp-content/uploads/2013/03/Manual-Pompa-Athena-AT.AM.pdf>.”
- [19] “Processo de calibração de uma sonda de pH”, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.manualslib.com/products/Seko-Kontroll-800-8942001.html>.”
- [20] “Ligações elétricas efetuadas no Kontroll 800”, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.manualslib.com/products/Seko-Kontroll-800-8942001.html>.”
- [21] “Especificações do Kontroll 800”, Acedido em 25/9/2021
“<https://www.manualslib.com/products/Seko-Kontroll-800-8942001.html>.”
- [22] Sverzut, J.R.- “Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Uma evolução a caminho da terceira geração (3G)”, Ed Érica, 2005.
- [23] Microcom Sistemas Modulares, S.L. - Avda Letxumborro nº100, 2ºC Irun Acedido em 27/9/2021” www.microcom.es”
- [24] “Bateria de chumbo ácido”, Acedido em 27/9/2021 ”<https://innpo.pt/baterias-de-chumbo-12v/chumbo-de-bateria-12v-13a-leoch-baterias-de-chumbo-12v.html>

Anexo A. Funções do programa

Neste anexo são descritos alguns dos pormenores do desenvolvimento e testes efectuados para as funções criadas no TIA Portal

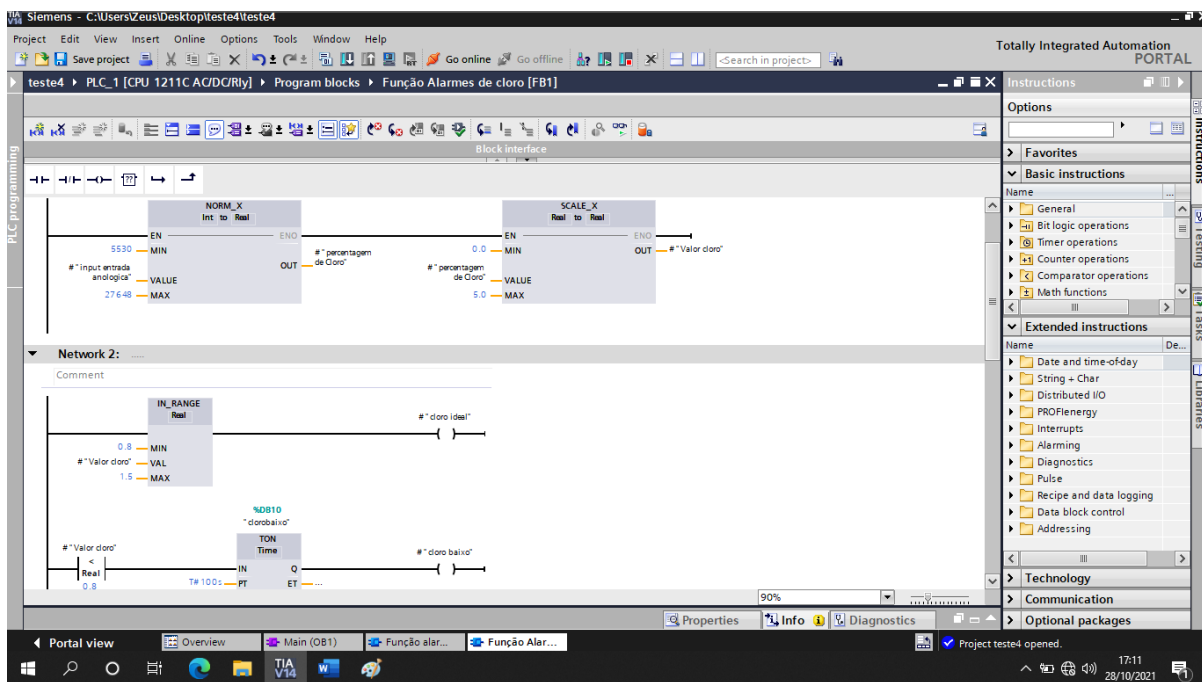


Figura 32-Função dos alarmes de cloro

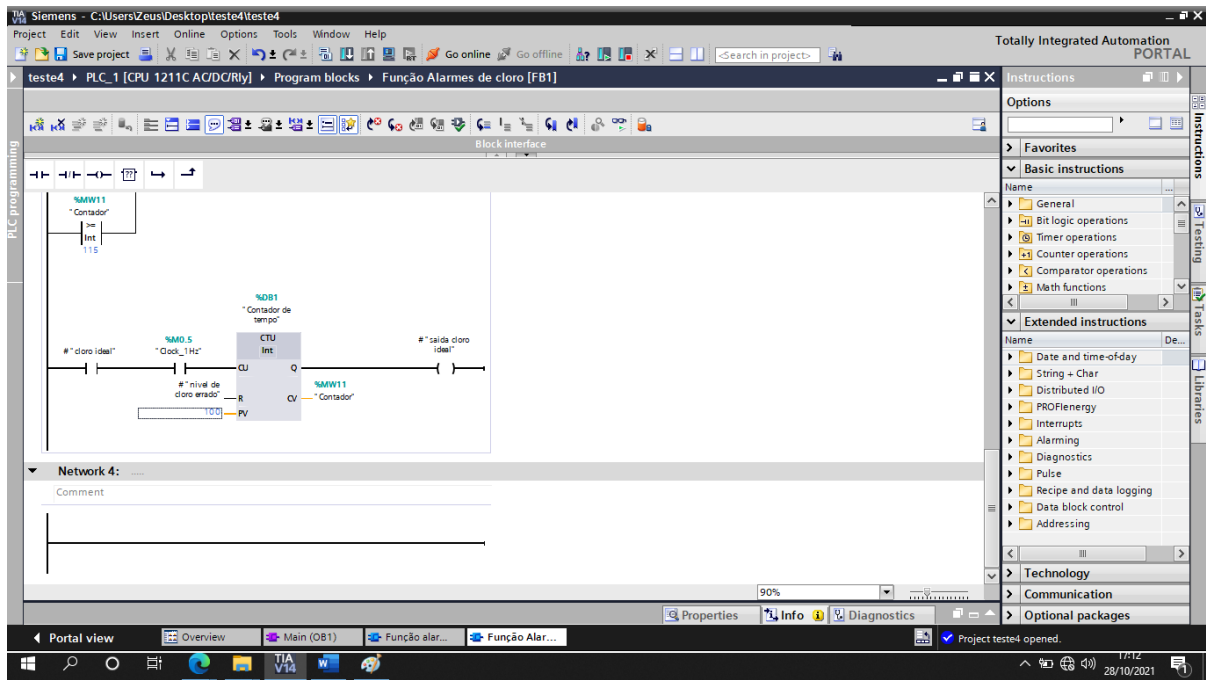


Figura 33- Função dos alarmes de cloro continuação

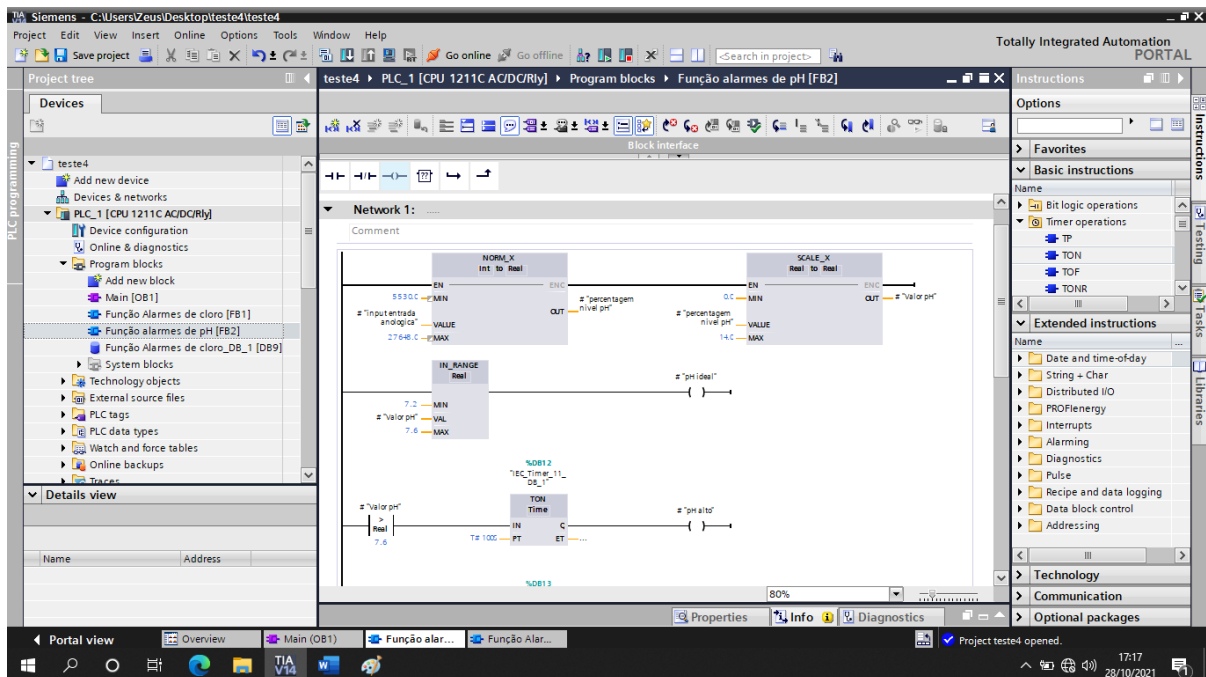


Figura 34- Função dos alarmes de pH

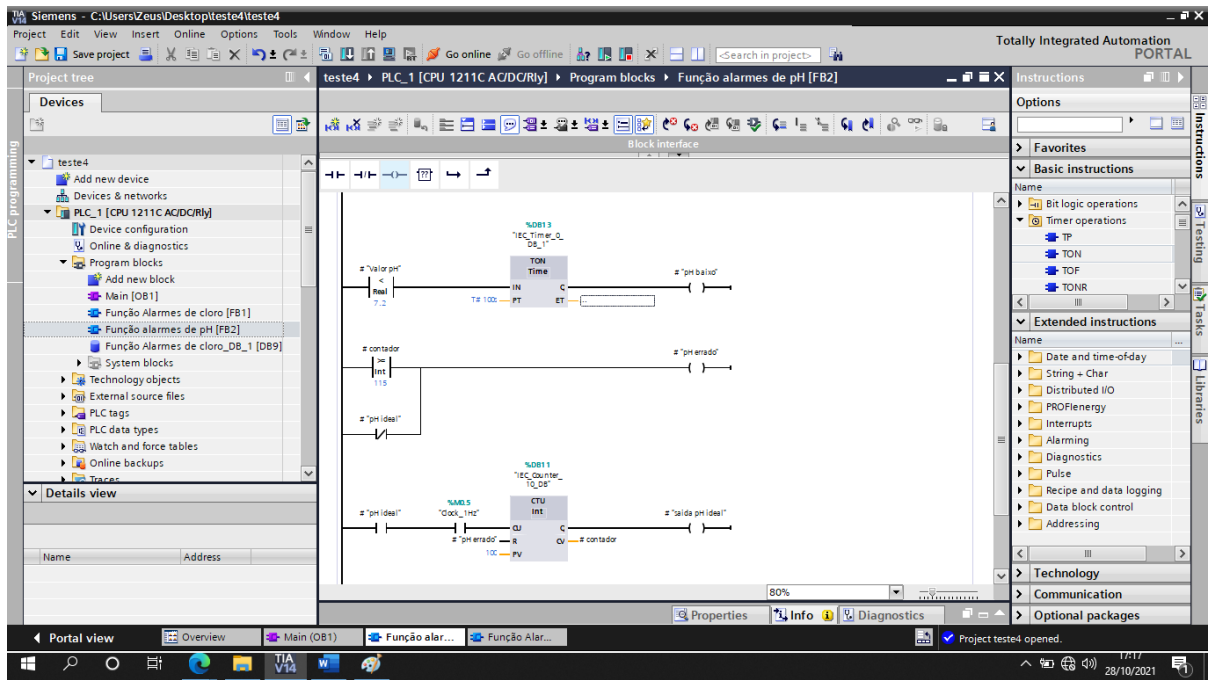


Figura 35- Função dos alarmes de pH continuação

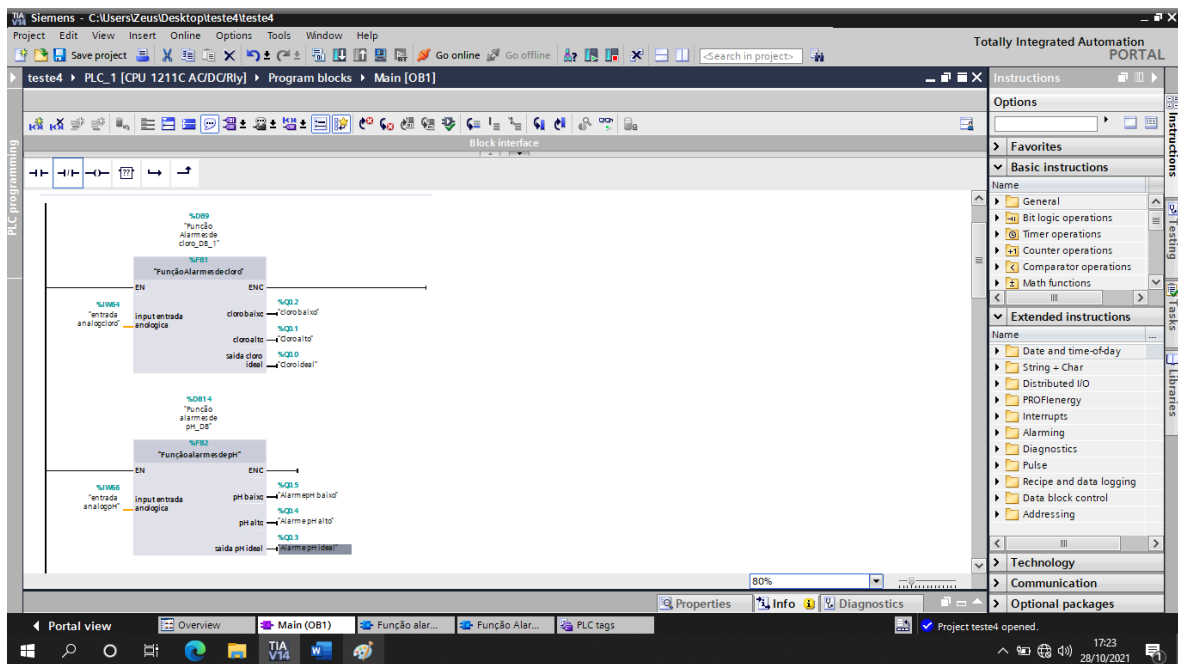


Figura 36- Chamada das funções na Main

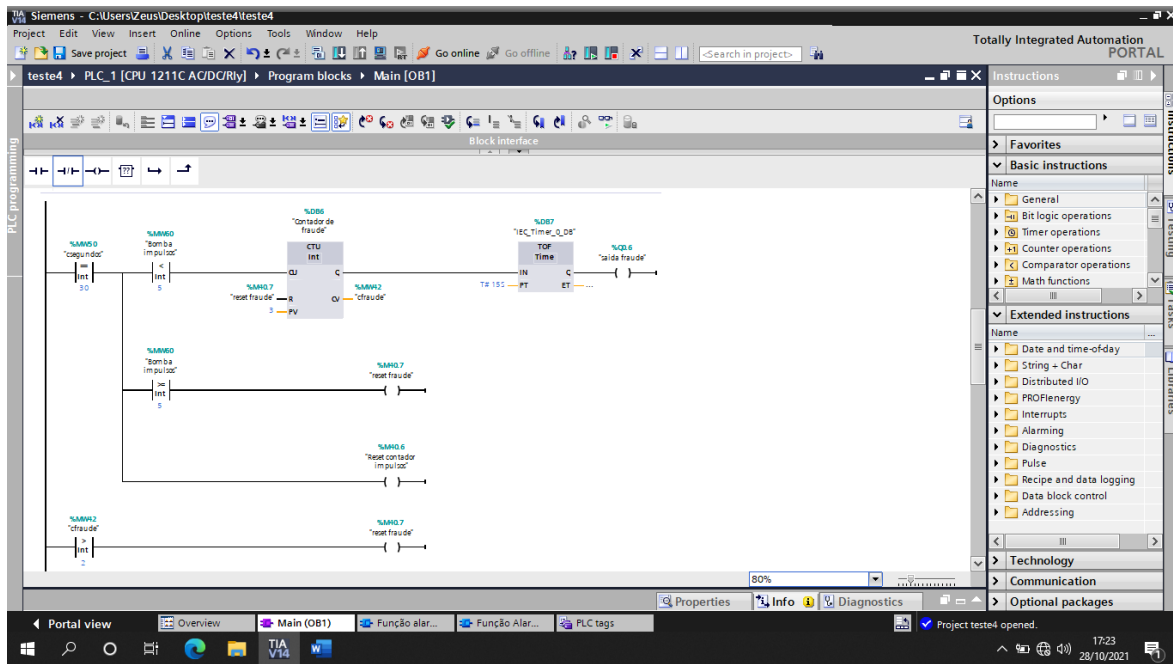


Figura 38- Programação do controlo do alarme 7

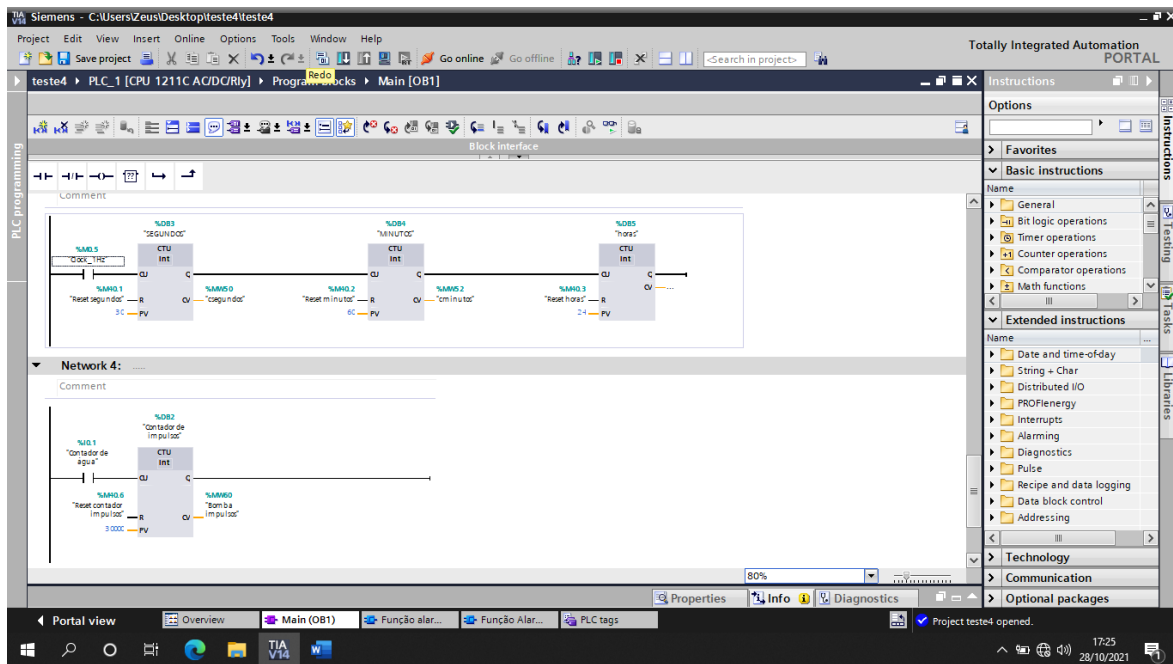


Figura 39- Programação do controlo do alarme 7 continuação

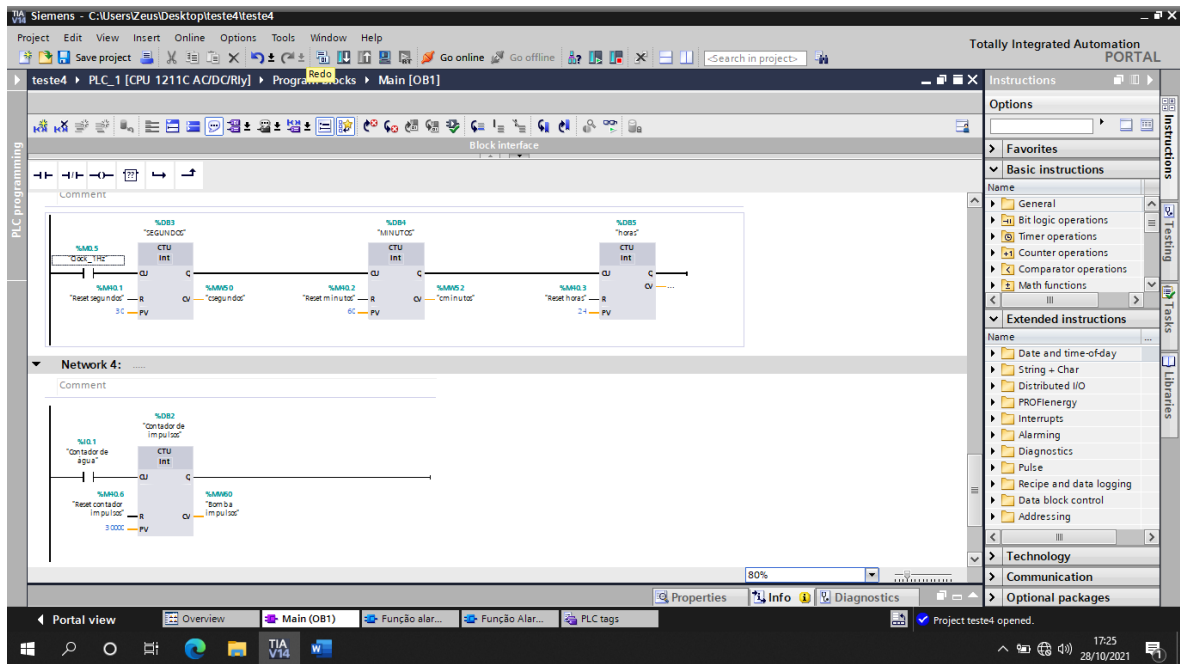


Figura 40- Programação do controle do alarme 7 continuação