

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

João Pedro Brombati Calandria
Paulo Roberto Vieira
Rafael de Souza Lopes
Rafael Tinti Ribeiro
Sandro Luís Monteiro
Vinycius de Carvalho Cunha

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE PAINEL DE AUTOMAÇÃO PARA
PISCINA RESIDENCIAL COM FOCO EM SEGURANÇA ELÉTRICA E
CONFORMIDADE COM A NBR 5410

Fernandópolis
2025

João Pedro Brombati Calandria
Paulo Roberto Vieira
Rafael de Souza Lopes
Rafael Tinti Ribeiro
Sandro Luís Monteiro
Vinycius de Carvalho Cunha

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE PAINEL DE AUTOMAÇÃO PARA
PISCINA RESIDENCIAL COM FOCO EM SEGURANÇA ELÉTRICA E
CONFORMIDADE COM A NBR 5410

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção da Habilitação Profissional
Técnica de Nível Médio de Técnico em
Eletrotécnica, no Eixo de Controle e
Processos Industriais, à Escola Técnica
Estadual Professor Armando José
Farinazzo, sob orientação do Professor
Marcos Antônio de Assis.

Examinadores:

Fernandópolis
2025

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE PAINEL DE AUTOMAÇÃO PARA PISCINA RESIDENCIAL COM FOCO EM SEGURANÇA ELÉTRICA E CONFORMIDADE COM A NBR 5410

João Pedro Brombati Calandria
Paulo Roberto Vieira
Rafael de Souza Lopes
Rafael Tinti Ribeiro
Sandro Luís Monteiro
Vinycius de Carvalho Cunha

RESUMO: Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o projeto, a montagem e a análise de um painel de automação para piscina residencial, com foco em segurança elétrica, praticidade de operação e possibilidade de integração futura com sistemas inteligentes. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem descritiva, desenvolvida por meio de estudo de caso experimental em bancada. Inicialmente, foi realizado um levantamento teórico sobre automação residencial, Internet das Coisas, automação de piscinas, comandos de voz e normas técnicas aplicáveis, com destaque para a ABNT NBR 5410 e a NR 10. Em seguida, foram definidos os requisitos funcionais e de segurança, elaborados os diagramas de força e comando com auxílio de software de simulação, dimensionados condutores e dispositivos de proteção, selecionados os componentes e montado o painel em bancada, contemplando disjuntores, dispositivo diferencial residual, proteção contra surtos, relé monitor de tensão e controlador eletrônico Smartpool. O sistema foi submetido a ensaios de continuidade, isolamento, energização, acionamento de cargas e verificação da atuação dos dispositivos de proteção. Os resultados indicaram comportamento estável do painel, atuação adequada das proteções e facilidade de operação e manutenção, evidenciando conformidade com os requisitos normativos e de segurança. Constatou-se, ainda, que a integração com a plataforma smart permite o monitoramento remoto da piscina via smartphone, ampliando os benefícios em termos de conforto, eficiência operacional e alinhamento às tendências de casas inteligentes. Como perspectivas futuras, sugerem-se a instalação em uma piscina real, estudos de consumo de energia e a implementação de comandos por voz e monitoramento avançado da qualidade da água.

Palavras-chave: Automação residencial. Piscinas. Painéis elétricos. Segurança em instalações elétricas. Internet das Coisas.

ABSTRACT: This Final Course Project presents the design, assembly and analysis of an automation panel for a residential swimming pool, focusing on electrical safety, operational practicality and the possibility of future integration with smart systems. The research is classified as applied, with a descriptive approach, developed through an experimental case study on a laboratory bench. Initially, a theoretical review was carried out on home automation, Internet of Things, swimming pool automation, voice commands and applicable technical standards, especially ABNT NBR 5410 and NR 10. Functional and safety requirements were then defined, electrical power and control

diagrams were drawn up using simulation software, conductors and protective devices were sized, components were selected and the panel was assembled, including circuit breakers, residual current device, surge protection device, voltage monitoring relay and a Smartpool electronic controller. The system was subjected to continuity and insulation tests, energization, load switching and verification of the performance of protective devices. The results indicated stable behavior of the panel, proper operation of the protections and ease of operation and maintenance, showing compliance with safety and regulatory requirements. The integration with the smart platform also allows remote monitoring and control of the pool via smartphone, enhancing benefits in terms of comfort, operational efficiency and alignment with smart home trends. Future work includes installing the panel in a real pool, analyzing energy consumption and implementing voice commands and advanced water quality monitoring.

Keywords: Home automation. Swimming pools. Electrical panels. Electrical safety. Internet of Things.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica das últimas décadas tem provocado transformações profundas no ambiente residencial, especialmente com o avanço da automação e da chamada “casa inteligente”. Sistemas de controle aplicados à iluminação, climatização, segurança e entretenimento passaram a integrar o cotidiano das pessoas, buscando maior conforto, praticidade, otimização de recursos e segurança nas instalações elétricas (Wortmeyer; Freitas; Cardoso, 2005). Nesse contexto, a automação residencial deixou de ser um luxo restrito e passou a ser vista como uma solução técnica viável, alinhada às demandas de eficiência energética e de qualidade de vida. Com o desenvolvimento de dispositivos conectados, redes de comunicação e plataformas de Internet das Coisas (IoT), surgiram soluções capazes de integrar diferentes equipamentos em um mesmo ecossistema, permitindo monitoramento e acionamento remoto por meio de smartphones, assistentes virtuais e painéis dedicados. Estudos sobre automação por comandos de voz, inclusive voltados a pessoas com mobilidade reduzida, mostram que essas tecnologias contribuem para acessibilidade, autonomia do usuário e maior personalização do ambiente residencial (Sousa, 2018).

No universo específico das piscinas residenciais, a automação vem sendo aplicada ao controle de bombas de filtração, aquecimento, iluminação, cascatas, hidromassagem e sistemas de tratamento de água. Além de agregar conforto e estética, esses recursos permitem padronizar rotinas de operação, evitar esquecimentos, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência global do sistema

(Soares, 2023). Assim, a piscina deixa de ser apenas um equipamento de lazer e passa a ser um subsistema integrado à infraestrutura elétrica e eletrônica da residência. Por outro lado, a presença simultânea de água, equipamentos elétricos e usuários em áreas úmidas impõe requisitos rigorosos de segurança. A norma NBR 5410 estabelece critérios específicos para instalações elétricas de baixa tensão em ambientes que envolvem risco aumentado de choque elétrico, incluindo exigências de dispositivos diferenciais residuais (DR), seccionamento adequado, proteção contra contatos indiretos e cuidados no posicionamento de painéis e condutores (ABNT, 2004). Nesse cenário, o projeto de um painel elétrico dedicado à piscina precisa conciliar automação, praticidade e, sobretudo, conformidade normativa.

Na prática, contudo, ainda é comum encontrar piscinas com comandos distribuídos de forma improvisada, relés e disjuntores subdimensionados, ausência de dispositivos de proteção adequados e inexistência de um painel organizado, o que dificulta a operação e a manutenção, além de aumentar o risco de falhas e acidentes. Ao mesmo tempo, soluções comerciais de automação muitas vezes não contemplam todas as necessidades do usuário ou apresentam custo elevado para determinados contextos residenciais. Diante desse quadro, coloca-se o seguinte problema: como projetar e implementar um painel de automação para piscina que reúna segurança elétrica, praticidade de uso e possibilidade de integração com tecnologias inteligentes, em conformidade com as normas técnicas vigentes? A relevância deste estudo é técnica, econômica e social. Do ponto de vista técnico, o trabalho busca aplicar conhecimentos de instalações elétricas, acionamento de motores e proteção em áreas úmidas a um caso concreto, reforçando a importância da observância às normas e às boas práticas de engenharia. Do ponto de vista econômico, um sistema de automação bem dimensionado pode contribuir para a racionalização do uso de energia e para a valorização do imóvel, ao oferecer uma solução moderna, segura e de fácil operação. Do ponto de vista social e formativo, o projeto aproxima o aluno da realidade profissional, ao propor o desenvolvimento de um painel realista, que poderia ser replicado em residências, clubes ou condomínios, com potencial de prestação de serviços especializados em manutenção e automação de piscinas.

Diante desse contexto, o objetivo geral deste trabalho é projetar, montar e analisar um painel de automação para piscina, dedicado ao acionamento e proteção dos equipamentos principais, buscando aumentar a segurança elétrica, a praticidade de operação e a possibilidade de integração futura com sistemas inteligentes. De

forma específica, busca-se levantar requisitos funcionais e de segurança para o painel de automação de piscina, estudar as normas técnicas aplicáveis às instalações elétricas em áreas úmidas, com ênfase na NBR 5410, dimensionar condutores, dispositivos de proteção e comandos para bombas e demais cargas da piscina, elaborar diagramas de força e comando que representem fielmente o funcionamento do sistema, montar o painel em bancada organizando componentes e fiação de forma segura e didática, realizar testes de funcionamento e analisar o desempenho do sistema proposto, além de discutir possibilidades de integração do painel com recursos de automação residencial e comando por voz.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

A automação consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos principais vetores de transformação tecnológica, inicialmente voltada aos processos industriais e, progressivamente, incorporada ao cotidiano das pessoas. Sousa (2018) observa que a automação residencial resulta da convergência entre tecnologia, eficiência e qualidade de vida, na medida em que transfere para sistemas eletrônicos e digitais tarefas antes executadas manualmente, proporcionando maior conforto, segurança e racionalização de recursos. Nessa perspectiva, a automação deixa de ser um recurso restrito a ambientes produtivos e passa a integrar ambientes domésticos, comerciais e de serviços, com diferentes graus de sofisticação.

Wortmeyer, Freitas e Cardoso (2005) descrevem que as residências modernas passaram por um processo de transformação tecnológica, no qual iluminação, climatização, segurança, comunicação e entretenimento passaram a ser controlados de forma integrada. Esses autores destacam que a combinação de sensores, controladores programáveis e interfaces de usuário viabilizou a criação de “casas inteligentes”, nas quais diversas funções podem ser supervisionadas local ou remotamente, por meio de painéis, aplicativos ou outros dispositivos digitais. Essa evolução acompanha, em paralelo, o desenvolvimento de redes de comunicação mais robustas e de equipamentos eletrônicos com maior capacidade de processamento e menor custo.

O surgimento de protocolos específicos para comunicação entre dispositivos foi um marco nesse processo. Entre eles, o protocolo X10, criado em

1975, é frequentemente citado como uma das primeiras soluções amplamente difundidas para automação residencial, por utilizar a própria fiação elétrica como meio de transmissão de sinais de controle (Sousa, 2018). Ao longo das décadas seguintes, o avanço de tecnologias sem fio, como Wi-Fi e Bluetooth, somado à popularização de smartphones, ampliou significativamente o potencial de aplicação da automação em diferentes contextos, permitindo que usuários comuns tivessem acesso a recursos antes disponíveis apenas em instalações de maior porte ou custo.

A expansão da chamada Internet das Coisas (IoT) reforçou esse cenário. Santos (2021) destaca que a IoT possibilita a conexão em rede de uma grande variedade de dispositivos, desde lâmpadas e tomadas até sistemas de climatização e segurança, criando ecossistemas integrados em que dados são coletados, processados e utilizados para tomadas de decisão automáticas. Lima (2021) acrescenta que essa integração favorece estratégias de eficiência energética, uma vez que equipamentos podem ser acionados de acordo com horários, presença de pessoas ou condições ambientais, contribuindo para o uso racional da energia elétrica.

No contexto brasileiro, a automação residencial começou a ganhar espaço a partir do final da década de 1990, inicialmente em residências de alto padrão. A criação da Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), em 2000, teve papel importante na organização do setor e na disseminação de informações técnicas, cursos e eventos voltados à área (Aureside, 2023). Com o tempo, a redução de custos e a oferta de dispositivos modulares, como lâmpadas inteligentes, câmeras IP e tomadas conectadas, tornaram a automação acessível a um público mais amplo, abrindo espaço para soluções específicas, como a automação de piscinas residenciais.

2.1.1. A era dos assistentes virtuais

O desenvolvimento de assistentes virtuais baseados em reconhecimento de voz representou um novo salto na forma de interação entre usuários e sistemas automatizados. Oliveira e Mendes (2020) explicam que esses assistentes incorporam técnicas de inteligência artificial e processamento de linguagem natural, permitindo interpretar comandos verbais e executar ações como ligar luzes, acionar equipamentos, consultar informações ou ajustar parâmetros de conforto.

A partir de 2011, com a introdução de assistentes como Siri, Alexa e Google Assistant, a automação passou a explorar de maneira mais intensa o comando de voz como interface principal de uso. Ferreira (2022) enfatiza que a integração desses assistentes com dispositivos de IoT possibilitou a centralização do controle da casa em um único ponto de interação, simplificando o uso para o usuário final. Em vez de operar diferentes controles remotos ou aplicativos específicos, torna-se possível, por exemplo, acionar bombas, filtros e iluminação de uma piscina por meio de frases simples configuradas em rotinas automatizadas.

Santos (2021) observa ainda que a tendência atual é de aprofundamento dessa integração, com sistemas capazes de aprender padrões de uso, antecipar necessidades e ajustar-se de forma proativa à rotina dos moradores. Nesse contexto, o comando de voz passa a ser não apenas uma forma de controle mais confortável, mas também um recurso de acessibilidade importante para pessoas com mobilidade reduzida ou com limitações no manuseio de interfaces tradicionais (Sousa, 2018).

2.2. HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial, também chamada de domótica, pode ser entendida como o conjunto de tecnologias que permite o controle integrado e automatizado de sistemas e dispositivos domésticos, com foco em conforto, segurança, comunicação e eficiência energética (Carvalho, 2017). Seu desenvolvimento histórico acompanha, de forma geral, a evolução da eletrônica, da informática e das telecomunicações, refletindo o avanço dos componentes disponíveis e das necessidades dos usuários ao longo do tempo.

Entre as décadas de 1960 e 1980 surgiram os primeiros protótipos de equipamentos automatizados para o uso doméstico, como aspiradores de pó e dispositivos de iluminação com acionamento remoto (Sousa, 2018). Ainda nesse período, a criação do protocolo X10 possibilitou controlar cargas elétricas utilizando a própria rede de energia, o que representou um marco por dispensar cabeamento adicional específico. Wortmeyer, Freitas e Cardoso (2005) apontam que, embora essas soluções fossem inicialmente restritas a projetos experimentais ou de alto custo, elas lançaram as bases para a ideia de “casa inteligente”.

Nas décadas de 1980 e 1990, a difusão dos computadores pessoais e de sistemas de segurança eletrônica favoreceu a consolidação de centrais de controle

capazes de gerenciar iluminação, alarmes, interfones e outros dispositivos (Oliveira; Mendes, 2020). Nesse período, a automação ainda era vista como um diferencial de luxo, associado a empreendimentos de alto padrão. A partir dos anos 2000, porém, a expansão da internet banda larga, das redes Wi-Fi e dos dispositivos móveis transformou esse cenário. Santos (2021) ressalta que o surgimento de equipamentos inteligentes conectados à rede doméstica, como câmeras IP, termostatos programáveis e sistemas de áudio distribuído, permitiu a oferta de soluções modulares, que podiam ser instaladas gradualmente conforme o interesse do usuário.

Na década de 2010, a difusão em massa dos smartphones e dos assistentes virtuais consolidou a automação residencial como um ecossistema conectado, em que diferentes marcas e tecnologias podem ser integradas em plataformas comuns (Ferreira, 2022). Barros e Costa (2020) destacam que essa integração favorece não apenas a conveniência, mas também a gestão energética, a segurança patrimonial e a possibilidade de monitoramento remoto. Nesse contexto, aplicações específicas, como o controle automatizado de piscinas, passam a se inserir em um ambiente residencial mais amplo, no qual vários subsistemas dialogam entre si e podem ser supervisionados pelo usuário em qualquer lugar com acesso à internet.

2.3. AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE PISCINAS

A automação aplicada a sistemas de piscinas constitui um desdobramento natural da automação residencial, pois envolve equipamentos elétricos, hidráulicos e de controle que podem ser integrados em um painel dedicado. Lima (2021) destaca que a automação em piscinas reduz a necessidade de intervenção manual constante, permitindo que funções como filtração, aquecimento, iluminação e tratamento químico sejam executadas de forma programada ou sob demanda, com maior comodidade para o usuário. Em vez de acionar manualmente bombas e verificar continuamente a qualidade da água, o sistema pode assumir essas tarefas com base em horários, leituras de sensores ou comandos remotos.

Santos e Almeida (2019) apontam que os principais benefícios dessa automação estão relacionados à otimização do tempo, à economia de recursos e à melhoria da qualidade da água. Ao racionalizar o funcionamento das bombas e dos aquecedores, o sistema tende a reduzir o consumo de energia elétrica, além de evitar dosagens excessivas de produtos químicos. A possibilidade de monitoramento remoto

por aplicativos também aumenta a confiabilidade da instalação, permitindo ao responsável acompanhar o funcionamento da piscina mesmo quando não está presente fisicamente no local.

Para que o sistema opere de forma adequada, é necessária a integração de diversos componentes. A bomba, frequentemente comparada ao “coração” da piscina, é responsável por promover a circulação da água através do filtro, onde são retidas impurezas como folhas, poeira e microrganismos (GLOBALTECH BRASIL, 2018). Sensores de temperatura, pH e cloro livre enviam informações a um controlador eletrônico, que decide quando acionar bombas, dosadores e aquecedores, mantendo a água dentro de faixas de qualidade e conforto predefinidas (OLIVEIRA; MENDES, 2020). Ferreira (2022) ressalta que o dimensionamento adequado dos motores e o correto ajuste dos parâmetros de controle são fundamentais para garantir o equilíbrio entre desempenho, durabilidade dos equipamentos e consumo de energia.

Por outro lado, Carvalho (2017) lembra que sistemas de controle totalmente manuais apresentam limitações importantes. A necessidade de monitorar constantemente o nível de cloro e o tempo de funcionamento da bomba aumenta a probabilidade de falhas humanas, como esquecer de acionar ou desligar equipamentos no momento adequado. Essas falhas podem resultar em água turva, proliferação de algas, desperdício de energia e redução da vida útil dos componentes. Nesse sentido, a automação de piscinas surge como uma alternativa que alia praticidade, eficiência energética e melhoria da qualidade da água, contribuindo para uma experiência de uso mais segura, confortável e sustentável (Soares, 2023).

2.4. TECNOLOGIAS DE COMANDO DE VOZ EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

A utilização de comandos de voz em sistemas automatizados representa um avanço importante na interação homem-máquina, tornando o controle de dispositivos mais intuitivo e acessível. No contexto da automação residencial, Sousa (2018) destaca que o uso de assistentes de voz pode eliminar a necessidade de interfaces físicas tradicionais, como interruptores ou painéis complexos, permitindo que o usuário acione funções desejadas por meio de instruções verbais simples. Essa forma de interação é especialmente vantajosa em ambientes onde o contato com

dispositivos eletrônicos deve ser reduzido, como áreas úmidas ou locais em que o usuário está com as mãos ocupadas.

A base tecnológica dos comandos de voz está associada aos sistemas de reconhecimento automático de fala (Automatic Speech Recognition – ASR), que convertem sinais sonoros em texto digital e, posteriormente, em ações de controle. Santana (2017) explica que esses sistemas utilizam modelos acústicos e linguísticos para identificar padrões nas ondas sonoras, mesmo em condições de ruído, permitindo uma interpretação mais confiável dos comandos. Potin (2021) acrescenta que as abordagens mais recentes empregam técnicas de aprendizado profundo, com redes neurais treinadas em grandes bases de dados de voz, o que aumenta a precisão do reconhecimento e a capacidade de adaptação a diferentes sotaques, timbres e condições ambientais.

Os assistentes virtuais comerciais, como Amazon, Alexa, Google Assistant e Apple Siri, integram essas tecnologias de reconhecimento de fala a plataformas de computação em nuvem e a ecossistemas de Internet das Coisas (IoT). Santos (2021) ressalta que a integração entre assistentes de voz e dispositivos conectados permite que o usuário controle iluminação, climatização, sistemas de segurança e outros equipamentos a partir de comandos verbais, muitas vezes centralizados em um único aplicativo ou alto-falante inteligente. Carvalho (2017) observa que essa centralização contribui para a consolidação da “casa inteligente”, na qual diversos subsistemas – incluindo, potencialmente, o sistema de piscina – passam a ser gerenciados de forma integrada.

No caso específico das piscinas, a adoção de módulos de automação compatíveis com assistentes de voz possibilita o acionamento remoto de bombas, filtros, aquecedores e iluminação subaquática, além da criação de rotinas programadas de operação. Conteúdos técnicos de fabricantes e integradores de automação para piscinas indicam que essa integração pode reduzir a necessidade de interação manual com painéis em áreas molhadas, aumentando a segurança e o conforto do usuário (Blog Automação De Piscina, 2025). Assim, ainda que o presente trabalho não implemente diretamente o comando de voz no protótipo, o projeto do painel de automação é concebido de forma a permitir, em etapas futuras, a integração com dispositivos inteligentes e assistentes virtuais, acompanhando a tendência de convergência entre automação residencial, IoT e interfaces de voz.

2.5. NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE PISCINAS

2.5.1. Riscos elétricos em ambientes de piscina

Ambientes de piscinas apresentam condições particularmente críticas do ponto de vista da segurança elétrica, devido à presença constante de água, umidade elevada e pessoas descalças ou com parte do corpo imersa. Essas características favorecem a condução de corrente elétrica e reduzem a resistência elétrica do corpo humano, aumentando consideravelmente a gravidade potencial de um choque. A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece, na NBR 5410, diretrizes específicas para instalações elétricas em locais que oferecem risco aumentado, incluindo piscinas, fontes decorativas e áreas afins (ABNT, 2004).

De forma geral, a norma ressalta que, nesses ambientes, devem ser tomadas medidas adicionais de proteção contra choques elétricos, contatos diretos e indiretos, bem como cuidados especiais na seleção de equipamentos, dispositivos de proteção e materiais isolantes. O projeto elétrico, portanto, não pode ser tratado apenas como uma extensão de circuitos residenciais comuns; é necessário considerar as particularidades da proximidade com a água, da presença de partes metálicas acessíveis e da circulação de pessoas em trajes de banho, muitas vezes em superfícies molhadas (ABNT, 2004).

2.5.2. Requisitos da NBR 5410 para instalações em piscinas

A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) estabelece requisitos para instalações elétricas de baixa tensão, dedicando seções específicas às áreas de piscina. Entre esses requisitos, destaca-se a definição de zonas ao redor do espelho d'água, que consideram a distância da borda, a altura em relação ao piso e a presença de partes condutivas. Cada zona possui limitações quanto ao tipo de equipamento permitido, à tensão admissível e à forma de instalação, de modo a reduzir o risco de contato acidental com partes energizadas.

A norma também enfatiza o uso obrigatório de dispositivos diferenciais residuais (DR) de alta sensibilidade (tipicamente 30 mA) nos circuitos que alimentam equipamentos localizados nas áreas da piscina e em seu entorno, como bombas, sistemas de iluminação subaquática e tomadas de serviço. Esses dispositivos são

responsáveis por detectar correntes de fuga à terra e promover o desligamento automático do circuito em tempos reduzidos, prevenindo choques elétricos graves. Além disso, recomenda-se o emprego de disjuntores adequadamente dimensionados para proteção contra sobre correntes e curtos-circuitos, bem como a adoção de condutores com isolamento apropriada para ambientes úmidos (ABNT, 2004).

Outro aspecto relevante é o sistema de aterramento e equipotencialização. A NBR 5410 orienta que partes metálicas acessíveis – como escadas, corrimãos, estruturas de apoio e carcaças de equipamentos – sejam devidamente interligadas e conectadas a um sistema de aterramento eficiente, reduzindo diferenças de potencial que possam causar choques por contato indireto (ABNT, 2004). Da mesma forma, é recomendada a utilização de componentes com grau de proteção adequado (por exemplo, IPX4, IPX5 ou superior, conforme a exposição), assegurando resistência à penetração de água e à corrosão.

No contexto deste trabalho, esses requisitos normativos são fundamentais para o projeto do painel de automação da piscina, orientando a escolha dos dispositivos de proteção (disjuntores, DR, contadores), o dimensionamento dos condutores, a organização dos circuitos e a definição da posição do painel em relação à área molhada. A observância da NBR 5410 não apenas atende a uma exigência legal e técnica, mas também constitui a principal estratégia de mitigação dos riscos elétricos inerentes à operação de piscinas.

2.6. SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE PISCINAS

As discussões contemporâneas sobre sustentabilidade têm enfatizado a necessidade de reduzir o consumo de energia e de recursos naturais em diferentes setores, incluindo o lazer e o uso recreativo da água. Em sistemas de piscinas, o funcionamento contínuo de bombas, aquecedores e dispositivos de tratamento pode representar parcela significativa do consumo energético de uma residência ou condomínio. Santos (2021) argumenta que a automação e a IoT oferecem ferramentas importantes para otimizar esse consumo, permitindo o acionamento inteligente de cargas, o monitoramento de parâmetros em tempo real e a adoção de rotinas programadas de operação.

No âmbito da domótica, Carvalho (2017) ressalta que a eficiência energética é um dos pilares da automação residencial, especialmente quando se trata de sistemas que operam de forma recorrente, como climatização e filtração de água. Aplicando esse princípio às piscinas, torna-se possível programar o tempo de funcionamento das bombas de filtração, ajustar horários de maior demanda e evitar que equipamentos permaneçam ligados além do necessário. Conteúdos técnicos de fabricantes de motores para piscinas indicam que a combinação entre motores de alto rendimento, circuitos bem dimensionados e controle automatizado pode reduzir o consumo de energia sem comprometer a qualidade da água (Globaltech Brasil, 2024).

Além disso, o conceito de “piscina inteligente” tem incorporado soluções como iluminação em LED, sistemas de aquecimento mais eficientes e monitoramento automatizado da qualidade da água. Relatos de empresas especializadas apontam que a integração de sensores de pH, temperatura e cloro a plataformas de automação permite ajustar automaticamente dosagens de produtos químicos e tempos de funcionamento, reduzindo desperdícios e o uso excessivo de insumos (Braga, 2025). A utilização de algoritmos de controle e, em alguns casos, de recursos de inteligência artificial, contribui para manter parâmetros de conforto dentro de faixas desejadas com menor impacto ambiental.

2.7. INTEGRAÇÃO ENTRE AUTOMAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS NA GESTÃO DE PISCINAS

A automação de piscinas, quando bem projetada, permite conciliar praticidade, eficiência e segurança na operação de sistemas hidráulicos e elétricos. O painel de comando assume papel central nesse processo, uma vez que concentra os dispositivos de manobra, proteção e sinalização responsáveis pelo acionamento de bombas, filtros, aquecedores e iluminação. Sousa (2018) destaca que, em projetos de automação residencial, a centralização do controle contribui para reduzir erros de operação, facilitar a manutenção e aumentar a confiabilidade do sistema.

Entretanto, a automação por si só não garante segurança. É indispensável que o projeto e a execução das instalações estejam em conformidade com as normas técnicas aplicáveis. A ABNT NBR 5410 fornece as bases para o dimensionamento de condutores, a seleção de dispositivos de proteção e a definição de critérios para instalações em áreas úmidas, enquanto a NR 10 estabelece

requisitos de segurança em instalações e serviços em eletricidade, abrangendo aspectos como qualificação profissional, procedimentos de trabalho, uso de equipamentos de proteção individual e medidas de controle de risco (ABNT, 2004; BRASIL, 2019).

No desenvolvimento deste trabalho, a NBR 5410 foi utilizada como referência principal para o projeto elétrico do painel da piscina, orientando a escolha de disjuntores, dispositivos diferenciais residuais (DR), contadores e seccionadores, bem como o dimensionamento dos condutores e a definição do esquema de aterramento. A NR 10, por sua vez, fundamentou os procedimentos de montagem e de manutenção segura, incluindo a necessidade de desenergização antes de intervenções, a sinalização adequada do painel e o uso de equipamentos de proteção individual pelos profissionais responsáveis.

Dessa forma, a integração entre automação e normas técnicas constitui o alicerce do projeto de painel proposto. O sistema automatizado não é concebido apenas como um recurso de conforto ou comodidade, mas como uma solução técnica que busca reduzir riscos elétricos, melhorar a confiabilidade da instalação e criar condições para futuras expansões, como a integração com assistentes de voz e plataformas de monitoramento remoto.

3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve o tipo de pesquisa, os procedimentos metodológicos adotados, os materiais e equipamentos utilizados, bem como as etapas de desenvolvimento e de teste do painel de automação para piscina residencial. O objetivo é explicitar, de forma organizada e transparente, como o trabalho foi conduzido desde o levantamento teórico até a montagem e a avaliação do protótipo, em consonância com as normas técnicas aplicáveis.

3.1. TIPO E ABORDAGEM DA PESQUISA

Quanto à natureza, este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que busca gerar conhecimento voltado à solução de um problema concreto: o projeto e a implementação de um painel de automação para piscina residencial com foco em segurança elétrica e conformidade normativa. De acordo com

Gil (2008), pesquisas aplicadas têm como propósito principal responder a demandas práticas, apoiando-se em fundamentos teóricos já consolidados para propor soluções tecnológicas ou procedimentais.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva, pois procura registrar, analisar e interpretar as características de um sistema elétrico automatizado específico, incluindo a forma de dimensionamento, a organização dos componentes e o desempenho observado nos testes. Ainda segundo Gil (2008), pesquisas descritivas são adequadas quando se pretende detalhar processos, técnicas e configurações de sistemas, sem necessariamente estabelecer relações de causa e efeito complexas.

Em relação aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso com caráter experimental em bancada, desenvolvido em ambiente de laboratório/oficina. Lakatos e Marconi (2003) destacam que o estudo de caso é indicado quando se deseja aprofundar a análise de um objeto delimitado, neste caso, um painel elétrico para piscina, considerando suas particularidades de projeto, montagem e funcionamento. O caráter experimental decorre da construção e teste de um protótipo real, no qual foram realizados ensaios de funcionamento e verificações de segurança.

3.2. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E RECURSOS UTILIZADOS

Os materiais, equipamentos e recursos utilizados neste trabalho podem ser agrupados em três categorias principais, como exposto a seguir.

3.2.1. Componentes elétricos e dispositivos de automação

Incluem-se nesta categoria: quadro de comando (caixa ou painel), disjuntores termomagnéticos, dispositivo diferencial residual (DR), contadores, relés térmicos, bornes de ligação, trilhos DIN, canaletas para organização interna, condutores elétricos isolados, prensa-cabos, conector para aterramento e módulo específico de automação de piscinas (controlador eletrônico do tipo “Smartpool” ou equivalente). Esses elementos constituem a base física do painel, permitindo o seccionamento, o comando e a proteção dos circuitos associados à piscina.

3.2.2. Ferramentas e instrumentos de medição

Para a montagem e os testes foram utilizadas ferramentas manuais apropriadas, tais como chaves de fenda e Phillips, alicates de corte e de crimpagem, alicate universal e chaves de aperto. Nos ensaios de verificação elétrica foram empregados instrumentos como multímetro digital e, quando necessário, alicate amperímetro, utilizados para medir tensões e correntes, além de verificar continuidade de condutores e integridade das conexões. Esses recursos foram fundamentais para garantir a execução adequada das ligações e a conformidade com o projeto.

3.2.3. Recursos computacionais e de apoio

Foram utilizados recursos de informática para a elaboração dos diagramas elétricos, como o software CadSimu, bem como para a organização da documentação técnica referente ao painel, incluindo a lista de materiais, a identificação dos circuitos e a descrição das funções de automação. Além disso, catálogos eletrônicos de fabricantes e normas técnicas subsidiaram o dimensionamento e a escolha dos componentes.

3.4. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PAINEL DE AUTOMAÇÃO

O desenvolvimento do painel de automação seguiu etapas encadeadas, que permitiram evoluir desde o conceito inicial até a montagem física e o teste do protótipo.

3.4.1. Levantamento de requisitos e definição do escopo

Nesta etapa, foram identificadas as funções que o painel deveria desempenhar, tais como acionamento das bombas da piscina, comando da iluminação associada, possibilidade de expansão futura para outros recursos (cascatas, hidromassagem, aquecimento) e integração com módulo de automação específico. Também foram definidos, com base em normas e em referências técnicas, os requisitos mínimos de segurança e de proteção elétrica a serem atendidos (ABNT, 2004; BRASIL, 2019).

3.4.2. Projeto elétrico e dimensionamento

Com o escopo definido, procedeu-se à elaboração dos diagramas elétricos e ao dimensionamento dos componentes. Nessa etapa, foram calculadas as correntes de carga das bombas e demais equipamentos, selecionados os dispositivos de proteção compatíveis com essas correntes, definidos os condutores adequados e estabelecida a lógica de comando do painel. A NBR 5410 serviu como referência central para o dimensionamento de cabos, disjuntores e dispositivos diferenciais residuais, bem como para a determinação das seções mínimas de condutores de proteção e dos critérios de aterramento (ABNT, 2004).

3.4.3. Seleção e aquisição dos componentes

Com o projeto elétrico concluído, os componentes foram selecionados com base em catálogos de fabricantes, garantindo compatibilidade entre correntes nominais, tensões de alimentação, capacidade de interrupção dos disjuntores e grau de proteção adequado para o ambiente de instalação. Sempre que possível, optou-se por dispositivos que facilitassem a manutenção futura e a eventual integração com sistemas de automação residencial mais amplos.

3.4.4. Montagem física do painel

A montagem do painel foi realizada em bancada, seguindo o projeto elétrico previamente elaborado. Os dispositivos foram fixados em trilhos DIN, as canaletas foram distribuídas de forma a organizar o cabeamento e os condutores foram cortados, identificados e conectados de acordo com o diagrama de ligações. Durante essa etapa, buscou-se manter uma disposição interna que facilitasse a visualização dos circuitos, a identificação dos componentes e o acesso para eventuais intervenções de manutenção, em conformidade com recomendações de boas práticas em painéis elétricos.

3.4.5. Verificações preliminares e inspeção visual

Antes da energização, foi realizada uma verificação detalhada de todas as conexões, conferindo o aperto de bornes, a correspondência entre numeração de fios e diagramas, a integridade do isolamento dos condutores e o correto posicionamento dos dispositivos de proteção e comando. Essa inspeção visual teve por objetivo identificar eventuais inconformidades que pudessem comprometer a segurança ou o desempenho do sistema.

3.5. PROCEDIMENTOS DE TESTE E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Concluída a montagem, o painel foi submetido a ensaios de funcionamento e segurança, em condições controladas de laboratório/oficina. Os principais procedimentos incluíram:

- Energização inicial do painel, com observação de possíveis anomalias (ruídos, aquecimento incomum, atuação indevida de dispositivos de proteção);
- Teste de acionamento das bombas e demais cargas simuladas, verificando se o comando ocorria conforme a lógica definida no projeto (acionamento manual pelas chaves do painel e, quando aplicável, pelo módulo de automação de piscina);
- Verificação da atuação dos disjuntores e do dispositivo diferencial residual (DR) em situações simuladas de sobrecarga e de corrente de fuga, conforme recomendações da NBR 5410 (ABNT, 2004);
- Medição de tensões e correntes em pontos selecionados, para confirmar a compatibilidade entre as grandezas elétricas medidas e os valores previstos em projeto.

4. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do painel de automação para piscina, desde a organização dos materiais e elaboração dos diagramas elétricos até a montagem física, o dimensionamento dos circuitos, a instalação do controlador eletrônico e os testes de funcionamento. As etapas descritas seguem a metodologia

definida no capítulo anterior, buscando assegurar coerência entre o planejamento e a execução prática do projeto.

4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO PAINEL DE AUTOMAÇÃO

O painel de automação proposto foi concebido para atender às principais demandas de uma piscina residencial, permitindo o acionamento e a proteção de bombas de filtração, bem como a integração com recursos de automação voltados a aquecimento e iluminação. O sistema foi dimensionado prevendo a possibilidade de operar até três motores elétricos, o que garante flexibilidade para futuras ampliações do conjunto (por exemplo, inclusão de bomba auxiliar ou sistema de cascata).

A arquitetura do painel contempla:

- Entrada geral com disjuntor bipolar, responsável pela proteção contra sobrecorrentes do conjunto;
- Disjuntores termomagnéticos dedicados aos circuitos de comando e às bombas;
- Dispositivo diferencial residual (DR) de alta sensibilidade, para proteção contra correntes de fuga;
- Dispositivo de proteção contra surtos (DPS), para proteção frente a sobre tensões transitórias;
- Relé de monitor de tensão, responsável por desligar o sistema em condições de subtensão ou sobre tensão;
- Controlador eletrônico Smartpool Tholz, que atua como elemento central da automação;
- Bornes, trilhos DIN e canaletas, que organizam e distribuem as conexões internas;
- Condutores e terminais apropriados, dimensionados segundo critérios da NBR 5410.

4.2. MATERIAIS E COMPONENTES UTILIZADOS

A primeira etapa do desenvolvimento consistiu no levantamento e organização dos materiais necessários. Foram identificados, separados e categorizados todos os componentes, considerando suas especificações técnicas,

quantidades e funções no painel. Essa sistematização permitiu planejar a utilização dos recursos em cada fase do trabalho, evitando retrabalho e interrupções durante a montagem. A tabela 1 apresenta a relação detalhada dos materiais.

Tabela 1. Relação detalhada dos materiais

MATERIAIS	UTILIDADES	APLICAÇÕES NO PAINEL	IMAGENS
Quadro de comando	Acomodar e proteger os componentes elétricos	Estrutura física do painel de automação/controle	
Disjuntor geral bipolar 32 A (curva C)	Proteção geral contra sobrecorrentes	Entrada de alimentação do painel	
Disjuntor bipolar 6 A (comando)	Proteção dos circuitos de comando	Circuitos auxiliares e de lógica de comando	
Disjuntor bipolar 10 A	Proteção do motor principal	Circuito da bomba de filtragem principal	
Disjuntor bipolar 10 A	Proteção do motor	Circuito da bomba da hidro	
Disjuntor bipolar 6 A	Proteção da fonte	Circuito do Smartpool	
IDR 2P 25 A	Proteção diferencial (fugas de corrente)	Segurança contra choques elétricos em áreas de piscina	

MATERIAIS	UTILIDADES	APLICAÇÕES NO PAINEL	IMAGENS
DPS classe II 20KA 275V	Proteção contra surtos de tensão	Proteção do painel e equipamentos contra sobre tensões	
Smartpool THOLZ	Controlador eletrônico de automação	Automação das funções da piscina (filtragem, aquecimento, iluminação)	
Fonte Blindada 12V 5A	Fonte de alimentação 220v > 12v	Alimentação do Smartpool	
Relé monitor de tensão 220 V	Monitorar variações de tensão	Circuito de proteção do sistema contra subtensão/sobre tensão	
Contatora 9A 220V	Acionamento do motor	Acionamento	

MATERIAIS	UTILIDADES	APLICAÇÕES NO PAINEL	IMAGENS
Rele Térmico (4\6A)	Proteção contra sobrecarga	Proteção dos motores	
Rele Térmico (2,5\4A)	Proteção contra sobrecarga	Proteção dos motores	
Filtro Supressor RC	Proteção contra picos de tensão	Proteção dos motores	
Trilho DIN	Fixação dos dispositivos modulares	Montagem de disjuntores, DR, relés e demais equipamentos	
Canaleta 30 x 50 mm	Organizar e conduzir cabos internamente	Distribuição interna dos cabos no painel	

MATERIAIS	UTILIDADES	APLICAÇÕES NO PAINEL	IMAGENS
Borne SACK 6 mm ²	Conexão e derivação de cabos	Distribuição elétrica de circuitos de menor seção	
Borne SACK 2,5 mm ²	Conexão e derivação de cabos de maior seção	Alimentação principal e distribuição de circuitos de potência	
Tampa para borne	Isolação e proteção de terminais	Proteção dos bornes e segurança contra contatos acidentais	
Poste final para borne	Encerramento de fileiras de bornes	Finalização mecânica e elétrica do conjunto de bornes	
Cabo 6 mm ²	Condução de energia elétrica	Alimentação principal	
Cabo de 2,5 mm ²	Condução de energia elétrica	Alimentação das contadoras	

MATERIAIS	UTILIDADES	APLICAÇÕES NO PAINEL	IMAGENS
Cabo de 1 mm ²	Condução de energia elétrica	Alimentação dos comandos	
Terminal ilhós 10 mm ²	Conexão segura de condutores	Terminação de cabos em bornes e dispositivos de até 10 mm ²	
Terminal ilhós 25 mm ²	Conexão segura de condutores de maior seção	Terminação de cabos em bornes e dispositivos de até 25 mm ²	
Barramento tipo pente 63 A bipolar	Interligação de disjuntores	Barramento de distribuição entre disjuntores no trilho DIN	

Fonte: (Autores, 2025)

4.3. ELABORAÇÃO DOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS

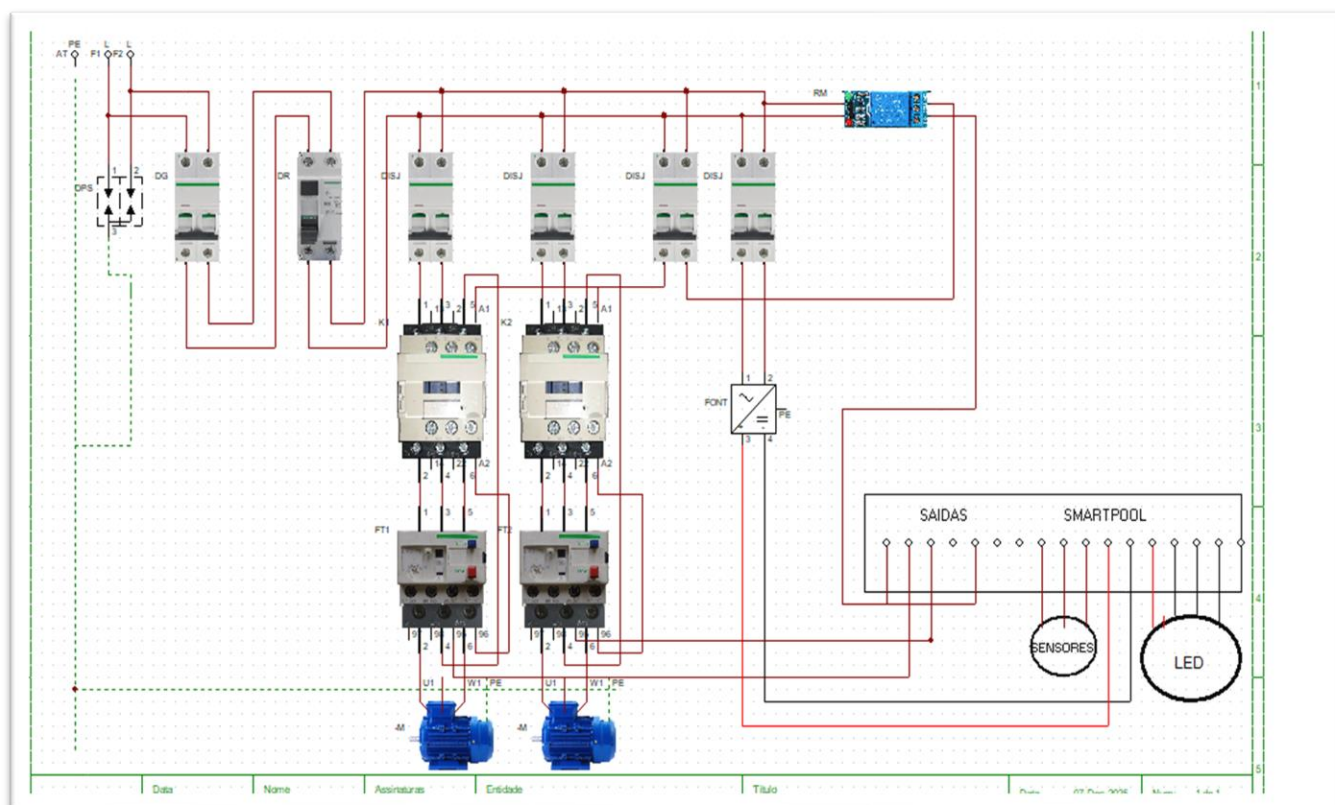
Com os materiais definidos, foi elaborado o diagrama elétrico do sistema, contendo tanto a parte de força quanto a parte de comando. O diagrama foi estruturado a partir:

- Das necessidades funcionais levantadas na fase de requisitos;
- Das orientações do manual do controlador Smartpool Tholz;
- Dos critérios da ABNT NBR 5410 para instalações em áreas de piscina.

O software utilizado para desenhar a figura 1 e simular o funcionamento do sistema, foi o CadSimu.

O diagrama de força representa os circuitos responsáveis pela alimentação das bombas e demais cargas, indicando a disposição do disjuntor geral, DR, DPS, disjuntores de motores, contadores e bornes de saída. Já o diagrama de comando descreve a lógica de acionamento das bombas, as interligações com o módulo Smartpool, os sinais de sensores e as eventuais Inter travagens de proteção. A elaboração cuidadosa desses diagramas permitiu antecipar a disposição dos componentes no painel, prever os caminhos dos condutores e identificar pontos críticos, como seções de cabos, correntes de carga e pontos de proteção. O uso do manual do fabricante como referência garantiu que as ligações do Smartpool fossem realizadas conforme as recomendações de segurança e eficiência da própria Tholz. A figura 2 a seguir traz o mesmo diagrama da figura 1, porém com os dispositivos em 3D para uma melhor visualização dos componentes.

Figura 2. Diagrama de força e de comando elétrico em 3D



Fonte: (Autores, 2025)

4.4. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO DOS CIRCUITOS E PROTEÇÃO

O dimensionamento elétrico dos circuitos foi realizado com base nas correntes dos motores previstos e nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5410:2004 para instalações de baixa tensão. As plaquetas dos motores, com seus dados técnicos, são mostradas na figura 2 e na figura 3.

Figura 2. Dados técnicos do motor 1



Fonte: (Autores, 2025)

Dados retirados do motor 1: potência de 0,37 kW (0,50 cv), tensão de 220 V e corrente nominal de aproximadamente 2,74 A;

Figura 3. Dados técnicos do motor 2



Fonte: (Autores, 2025)

Dados retirados do motor 2: potência de 0,55 kW (3/4 cv), tensão de 110/220 V, com correntes nominais aproximadas de 7,40 A em 110 V e 3,70 A em 220 V.

A partir dessas correntes, foram definidos:

- Disjuntores termomagnéticos dimensionados com corrente nominal igual ou superior à corrente dos motores, adotando-se valores padronizados (como 6 A e 10 A) e curvas de disparo adequadas para motores (curvas C ou D), garantindo proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos;
- Contatores em categoria de utilização AC-3, com correntes admissíveis superiores às correntes de regime de cada motor, permitindo manobras frequentes sem danos aos contatos;
- Relés térmicos com faixas de ajuste que abranjam as correntes nominais dos motores, permitindo proteção contra sobrecargas prolongadas.

Para o circuito de alimentação principal, seguindo as tabelas de capacidade de condução de corrente e critérios de queda de tensão da NBR 5410, definiu-se a seção de 6 mm² para os condutores de fase e neutro, garantindo margens de segurança adequadas e minimizando perdas. Essa bitola reduz o aquecimento dos cabos, aumenta a vida útil da instalação e evita quedas de tensão significativas durante a partida das bombas.

O conjunto de proteção inclui ainda o DR 2P 25 A, destinado a proteger os usuários contra choques elétricos por correntes de fuga, e o DPS, que protege a instalação contra surtos de tensão, especialmente relevantes em ambientes expostos a descargas atmosféricas ou manobras na rede de distribuição.

4.5. DIMENSIONAMENTO

A seguir apresenta-se o dimensionamento elétrico preliminar (corrente, proteção e condutor) para dois motores, adotando valores típicos de fator de potência (FP = 0,85) e rendimento (η = 0,85), quando não informados em placa. A corrente de projeto foi estimada pela expressão monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cdot FP \cdot \eta}$$

Ressalta-se que a corrente de placa tende a ser superior à calculada devido a variações reais de FP/ η , tolerâncias de fabricação, regime de carga e condições de operação. Para proteção contra sobrecarga de motor, recomenda-se priorizar disjuntor-motor ou relé térmico ajustado pela corrente nominal de placa, mantendo o disjuntor termomagnético como proteção de curto-circuito/retaguarda, conforme o arranjo adotado no projeto. A Tabela 2 a seguir especifica o dimensionamento a partir dos dados dos motores e corrente calculada.

Tabela 2. Dimensionamento (Motores 1 e 2)

Motor	Potência	Tensão	FP (adot.)	η (adot.)	Corrente calculada (A)	Corrente de placa (A)	Corrente p/ disjuntor (×1,25) (A)	Disjuntor termomagnético (faixa comercial)	Seção do condutor (Cu)
Motor 1	0,37 kW (0,5 cv)	220 V	0,85	0,85	2,33	2,74	2,91	4 A ou 6 A*	1,5 mm ²
Motor 2	0,55 kW (3/4 cv)	110 V	0,85	0,85	6,92	7,40	9,25	10 A*	1,5 mm ²
Motor 2	0,55 kW (3/4 cv)	220 V	0,85	0,85	3,46	3,70	4,63	6 A*	1,5 mm ²

Fonte: (Autores, 2025)

Na partida, motores podem apresentar corrente elevada (inrush). Em aplicações com partidas frequentes ou cargas inerciais, avaliar curva adequada do disjuntor (ex.: curva C/D) e/ou uso de dispositivo específico para motor (disjuntor-motor/relé térmico), com ajuste pela corrente nominal de placa.

A seção de 1,5 mm² (cobre) atende às correntes indicadas em condições usuais. Deve-se verificar, no projeto executivo, método de instalação, temperatura ambiente, agrupamento de circuitos e queda de tensão. Para trechos longos (tipicamente acima de 20–30 m) ou condições mais severas, pode ser prudente elevar para 2,5 mm².

4.6. MONTAGEM DO PAINEL

A partir dos diagramas, iniciou-se a montagem física do painel. Primeiramente, foram separados todos os componentes listados na Tabela 1, conferindo seu estado de conservação, integridade mecânica e compatibilidade com as especificações de projeto. Essa verificação prévia reduziu o risco de falhas durante a montagem e os ensaios.

Os dispositivos foram fixados em trilhos DIN, distribuídos sobre a chapa de montagem de forma a:

- Facilitar a identificação visual dos circuitos (entrada, proteção, comando, saídas);
- Otimizar o espaço interno do quadro;
- Permitir acesso adequado para futuras manutenções.

Em paralelo, foram instaladas canaletas de 30x50 mm para organizar o cabeamento, separando condutores de potência e de comando sempre que possível. Essa organização contribuiu para reduzir o risco de cruzamento de cabos, interferências e emaranhamento, além de melhorar a estética e a segurança interna do painel.

Após a fixação dos dispositivos, teve início a fiação interna, seguindo rigorosamente os diagramas de força e comando. Os cabos foram cortados nas medidas necessárias, identificados com etiquetas padronizadas e conectados com terminais ilhós. A figura 4 mostra o processo de organização dos componentes e materiais para a montagem do projeto.

Figura 4. Organização dos materiais para a montagem do projeto



Fonte: (Autores, 2025)

Já na Figura 5, apresentada a seguir, observa-se a montagem do painel, realizada em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 5410.

Figura 5. Montagem dos componentes no painel



Fonte: (Autores, 2025)

Seguindo o diagrama de comando elaborado com auxílio do software CadSimu, procedeu-se à interligação dos componentes por meio dos condutores de forma organizada, com a identificação adequada dos cabos e a separação entre

circuitos de força e de comando, em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 5410. Na Figura 6, observa-se o resultado dessa etapa, com o painel montado de maneira a facilitar a operação, a inspeção e eventuais manutenções futuras.

Figura 6. Conexão dos condutores elétricos



Fonte: (Autores, 2025)

4.7. INSTALAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO CONTROLADOR SMARTPOOL THOLZ

O controlador eletrônico Smartpool Tholz foi adotado como núcleo da automação do sistema. Esse módulo (figura 7) permite automatizar funções como filtragem, aquecimento e controle de iluminação, além de ser compatível com diferentes formas de aquecimento (solar, bomba de calor e elétrico) e possibilitar operação por painel frontal, controle remoto, aplicativo e comando de voz, quando integrado a soluções de casa inteligente.

Figura 7. Conjunto Smarpool Tholz



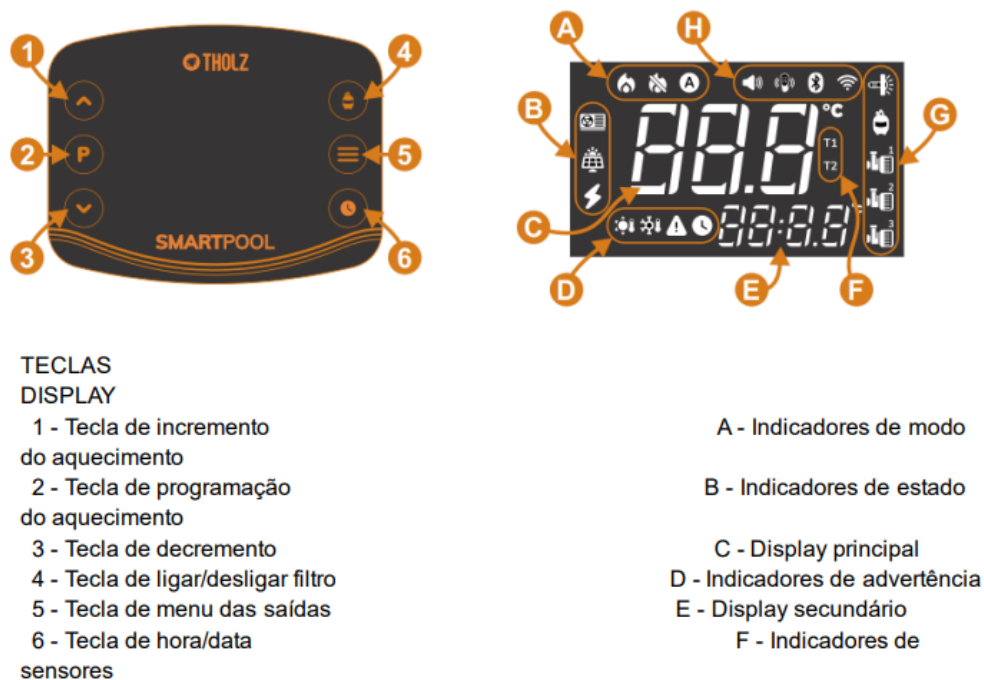
Fonte: (Tholz, 2025)

4.7.1. Interface de comando

O equipamento dispõe de teclas de incremento, decremento, programação, acionamento de filtro, menu de saídas e ajuste de data/hora, além de um display principal e indicadores específicos para modos de aquecimento, estados de saída, sensores e comunicação (figura 8). Essa interface facilita a configuração das funções de filtragem, aquecimento e temporizações, permitindo ao usuário ajustar parâmetros como horários de funcionamento e temperaturas desejadas.

O controle remoto (figura 9) associado possui teclas customizáveis, que podem ser programadas por meio de parâmetros internos (F32, F33, F34), permitindo associar cada tecla a determinadas saídas auxiliares do sistema, de acordo com a necessidade do usuário.

Figura 8. Display de comando da interface



Fonte: (Tholz, 2025)

Figura 9. Controle remoto



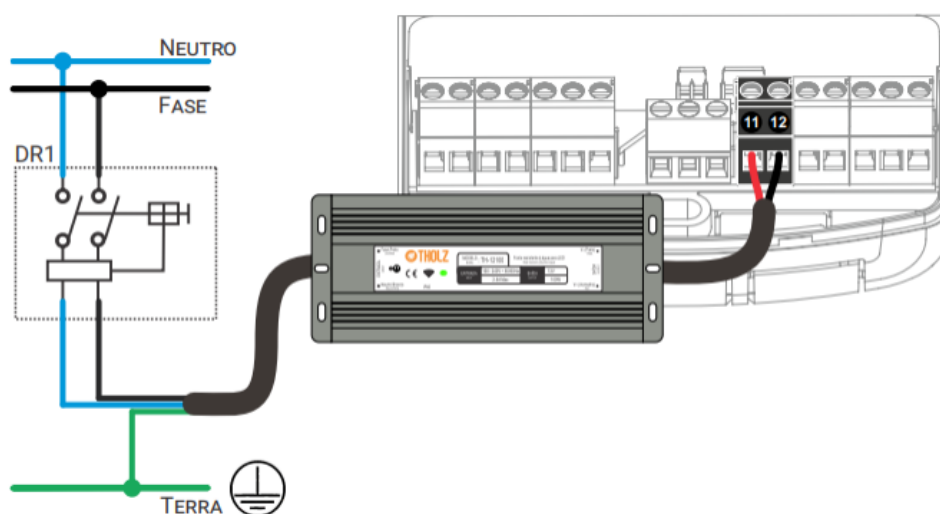
Fonte: (Tholz, 2025)

4.7.2. Conexões elétricas e instalação de sensores

A instalação do Smartpool foi realizada com a alimentação desenergizada, seguindo o diagrama fornecido pelo fabricante (figura 10 e figura 11) e as normas de segurança elétrica. As conexões incluíram:

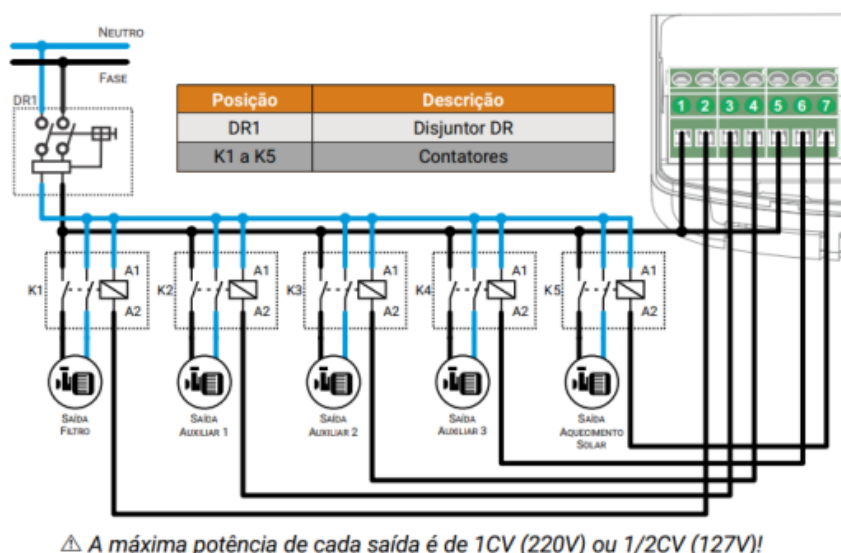
- Alimentação do módulo (tensão de 220 V);
- Saída para a bomba de filtragem;
- Saída para sistema de aquecimento solar ou bomba auxiliar, quando presente.

Figura 10. Diagrama fornecido pelo fabricante



Fonte: (Tholz, 2025)

Figura 11. Diagrama fornecido pelo fabricante



⚠ A máxima potência de cada saída é de 1CV (220V) ou 1/2CV (127V)!

Fonte: (Tholz, 2025)

Os sensores de temperatura foram instalados conforme recomendação do manual: o sensor de água na tubulação de retorno da piscina e o sensor solar próximo aos coletores, em região com boa incidência de luz. Os cabos dos sensores foram acomodados em eletrodutos, protegendo-os de danos mecânicos e interferências externas (Tabela 3).

Após a conclusão das ligações, o sistema foi energizado e configurado. Foram definidos os parâmetros de temperatura da água, ciclos de filtragem e demais

funções básicas. Verificou-se o correto funcionamento dos sensores por meio da leitura de temperatura exibida no display do controlador.

Tabela 3. Mapeamento de bornes

Borne	Descrição	
1	Comum 1	Saídas a relé
2	Filtro	
3	Auxiliar 1	
4	Auxiliar 2	
5	Comum 2	
6	Auxiliar 3	
7	Auxiliar 4	
8	T1	Sensores
9	T2	
10	Comum	
11	Positivo	Alimentação 12Vcc
12	Negativo	
13	Comum	Iluminação
14	R	
15	G	
16	B	
17	W	
18	RF	Receptor de RF Externo
19	Smart Connect	Módulo Wi-Fi Externo



Fonte: (Tholz, 2025)

4.8. ENSAIOS DE FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO SISTEMA

Após a conclusão da montagem física e da fiação interna do painel, foram realizados ensaios de funcionamento em ambiente de laboratório/oficina, em conformidade com os procedimentos descritos na metodologia. O objetivo desses testes foi verificar se o sistema atendia às condições de operação e segurança previstas em projeto, bem como identificar eventuais ajustes necessários antes de sua aplicação em uma instalação real de piscina.

4.8.1. Ensaios elétricos preliminares

Inicialmente foram efetuados ensaios elétricos preliminares com o painel desenergizado, abrangendo testes de continuidade, verificação de isolamento e conferência da correta identificação dos condutores. Utilizou-se multímetro e, quando necessário, alicate amperímetro em modo de teste, a fim de confirmar a integridade das ligações e a ausência de curtos-circuitos entre fases, neutro e condutor de

proteção. Nessa etapa também foram inspecionados o aperto dos bornes, o posicionamento dos cabos nas canaletas e a correspondência entre a numeração dos fios e os diagramas de força e comando. Esses procedimentos reduziram significativamente o risco de falhas durante a energização e contribuíram para a segurança dos operadores.

4.8.2. Testes de energização e operação normal

Concluída a etapa preliminar, procedeu-se à energização do painel de forma gradual, monitorando-se visualmente e por meio de instrumentos a ocorrência de ruídos anormais, aquecimento excessivo ou atuação espontânea de dispositivos de proteção. Em seguida, foram acionados os circuitos de comando e as saídas destinadas às bombas da piscina, simulando-se o funcionamento em condições normais de operação. Observou-se o comportamento do sistema durante o acionamento e desligamento das cargas, verificando se os contadores comutavam corretamente e se as correntes medidas estavam compatíveis com as correntes nominais dos motores utilizados como referência. Não foram observadas oscilações indesejadas nem disparos injustificados de disjuntores, indicando que o dimensionamento de cabos e dispositivos de proteção atendeu às expectativas do projeto.

4.8.3. Verificação dos dispositivos de proteção

Em sequência, foram realizados testes específicos dos dispositivos de proteção instalados no painel. O disjuntor geral e os disjuntores individuais de circuito foram verificados por meio da simulação de sobre correntes, observando-se sua capacidade de interromper o circuito quando submetidos a condições acima da corrente nominal. O dispositivo diferencial residual (DR) foi testado utilizando-se o próprio botão de teste incorporado ao equipamento, bem como simulações de fuga de corrente em condições controladas, confirmando sua atuação adequada na interrupção rápida do circuito em situações de risco de choque elétrico. O relé monitor de tensão também foi avaliado, verificando-se sua resposta frente a condições simuladas de subtensão e sobre tensão, com o desligamento automático do sistema

quando fora da faixa estabelecida. Esses ensaios demonstraram que o conjunto de proteção responde conforme os critérios de segurança previstos.

4.8.4. Análise dos resultados

De modo geral, os ensaios indicaram que o painel de automação para piscina apresenta comportamento estável, sem ocorrência de aquecimentos excessivos, disparos indevidos de proteção ou falhas de acionamento. A organização interna do quadro, a correta identificação dos condutores e a separação entre circuitos de força e comando facilitaram a inspeção visual durante os testes e contribuíram para a rápida localização de pontos de medição e verificação. A atuação adequada dos dispositivos de proteção reforça a conformidade do projeto com as exigências da ABNT NBR 5410 e com as recomendações de segurança da NR 10, evidenciando que o sistema é tecnicamente apto a operar em ambientes de piscina, desde que instalado segundo as condições previstas no trabalho.

4.9. BENEFÍCIOS DO PAINEL AUTOMATIZADO E DA PLATAFORMA SMART

Além de atender aos requisitos técnicos de proteção e acionamento das cargas da piscina, o painel desenvolvido apresenta uma série de benefícios práticos e operacionais que o diferenciam de soluções convencionais. Esses benefícios podem ser analisados em três dimensões principais: segurança e confiabilidade, operação e manutenção, e automação com possibilidade de monitoramento remoto.

4.9.1. Segurança e confiabilidade da instalação

Do ponto de vista da segurança, o painel integra em um único conjunto dispositivos de proteção contra sobre correntes, correntes de fuga e surtos de tensão, aliados a um sistema de aterramento e equipotencialização adequadamente previstos. A centralização dos comandos e proteções reduz a incidência de improvisações comuns em instalações de piscinas, como ligações diretas, uso inadequado de extensões e ausência de dispositivos diferenciais residuais. Com isso, aumenta-se a confiabilidade da instalação e diminui-se o risco de choques elétricos, falhas em

motores e danos a equipamentos sensíveis, em consonância com os critérios da NBR 5410 para ambientes com risco aumentado.

4.9.2. Facilidade de operação e manutenção

Do ponto de vista operacional, o painel oferece uma interface organizada, com dispositivos de comando e proteção claramente identificados, o que facilita o uso por operadores não especialistas. A disposição interna em trilhos DIN e canaletas, aliada à etiquetagem dos cabos, simplifica intervenções de manutenção, permitindo localizar rapidamente o circuito associado a cada carga ou função. Essas características reduzem o tempo de parada em eventuais manutenções corretivas e favorecem a implementação de rotinas de manutenção preventiva, como reaperto de conexões, inspeção visual e teste periódico dos dispositivos de proteção.

4.9.3. Automação e monitoramento remoto via smartphone

a integração do painel com o controlador eletrônico Smartpool amplia significativamente as possibilidades de uso do sistema. Além de permitir a programação de ciclos automáticos de filtragem, aquecimento e operação de outros recursos da piscina, a plataforma smart utilizada é compatível com acesso remoto via aplicativo em smartphone, possibilitando ao usuário monitorar e controlar a piscina à distância. Dessa forma, é possível verificar o status da bomba, ajustar horários de filtragem, modificar parâmetros de temperatura e, em alguns casos, receber alertas sobre condições anormais, mesmo quando o responsável não se encontra fisicamente no local.

Esse monitoramento remoto agrega praticidade e contribui para a gestão mais eficiente do sistema, evitando esquecimentos, reduzindo deslocamentos desnecessários e permitindo respostas mais rápidas a eventuais falhas. Em um contexto de residências modernas e conectadas, essa funcionalidade aproxima o painel proposto das tendências de casas inteligentes, nas quais diferentes subsistemas, incluindo a piscina, podem ser supervisionados e ajustados por meio de dispositivos móveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral projetar, montar e analisar um painel de automação para piscina residencial, dedicado ao acionamento e à proteção dos principais equipamentos, com foco em segurança elétrica, praticidade de operação e possibilidade de integração futura com sistemas inteligentes. A partir da revisão teórica, da metodologia adotada e do desenvolvimento realizado em laboratório, é possível afirmar que esse objetivo foi atingido de forma satisfatória.

Na fundamentação teórica, discutiram-se os principais conceitos relacionados à automação residencial, à evolução das “casas inteligentes” e ao papel da Internet das Coisas na integração de diferentes dispositivos em um mesmo ecossistema. Também foram abordadas as tecnologias de comando de voz, a automação específica de piscinas, os aspectos de sustentabilidade e eficiência energética, bem como as normas técnicas aplicáveis às instalações em áreas úmidas, especialmente a ABNT NBR 5410 e a NR 10. Esse embasamento permitiu compreender que a automação de piscinas não deve ser vista apenas como um conforto adicional, mas como um recurso técnico capaz de aumentar a segurança, reduzir desperdícios e melhorar a gestão do sistema.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho foi estruturado como uma pesquisa aplicada, de caráter descritivo, desenvolvida por meio de um estudo de caso experimental em bancada. Foram definidas etapas claras: levantamento de requisitos, elaboração dos diagramas de força e comando, dimensionamento dos componentes segundo a NBR 5410, seleção dos materiais com base em catálogos de fabricantes, montagem física do painel, instalação e configuração do controlador eletrônico Smartpool e, por fim, realização de ensaios de funcionamento e validação do sistema. Essa organização metodológica garantiu coerência entre o que foi proposto na fase de planejamento e o que efetivamente foi executado no desenvolvimento.

No que se refere ao desenvolvimento do painel, foi possível estruturar uma solução que contempla entrada geral com disjuntor bipolar, dispositivos termomagnéticos para proteção de motores e circuitos de comando, dispositivo diferencial residual (DR), proteção contra surtos (DPS), relé monitor de tensão e organização interna por meio de trilhos DIN, canaletas e bornes devidamente identificados. O dimensionamento dos condutores e das proteções considerou as correntes nominais dos motores utilizados como referência e os critérios de queda de

tensão e capacidade de condução de corrente, resultando em uma instalação coerente com as recomendações da NBR 5410 para ambientes de piscina.

A integração do controlador Smartpool Tholz ao painel permitiu automatizar funções típicas de uma piscina, como filtragem e aquecimento, além de criar a base para recursos avançados, como controle via aplicativo e possibilidade de integração com sistemas de comando de voz em etapas futuras. Os ensaios de funcionamento realizados em laboratório mostraram que o painel apresentou comportamento estável, sem aquecimentos excessivos, disparos indevidos de dispositivos de proteção ou falhas de acionamento. Os testes específicos com disjuntores, DR e relé monitor de tensão indicaram que o sistema responde adequadamente a situações de sobre corrente, fuga de corrente e anomalias na alimentação, reforçando o caráter seguro da solução proposta.

Entre os principais benefícios observados, destacam-se: o aumento da segurança e da confiabilidade da instalação, pela centralização das proteções em um único painel; a facilidade de operação e manutenção, decorrente da organização interna e da identificação de cabos e dispositivos; e a ampliação das possibilidades de automação, inclusive com monitoramento remoto via smartphone. Esses aspectos colocam o painel desenvolvido em sintonia com as tendências atuais de automação residencial, em que a piscina passa a ser tratada como um subsistema integrado à infraestrutura elétrica e eletrônica da residência.

Do ponto de vista formativo, o projeto contribuiu significativamente para a formação técnica dos alunos envolvidos, ao possibilitar a aplicação prática de conteúdos de instalações elétricas, proteção de motores, leitura e elaboração de diagramas, interpretação de normas técnicas e utilização de ferramentas de simulação e projeto. A experiência de conceber, montar e testar um painel real, com potencial de uso em residências, clubes ou condomínios, aproxima o ambiente escolar da realidade profissional e abre perspectivas para atuação em áreas como manutenção, automação residencial e prestação de serviços especializados em sistemas de piscinas.

Como limitações do trabalho, destaca-se o fato de o protótipo ter sido desenvolvido e ensaiado em ambiente de laboratório, sem instalação em uma piscina real durante um período prolongado de operação. Não foram realizadas medições de consumo de energia em longo prazo, tampouco uma análise econômica detalhada comparando o painel proposto com soluções comerciais disponíveis no mercado.

Além disso, embora o projeto tenha sido concebido com possibilidade de integração a comandos de voz e a sensores adicionais (como pH e cloro), essas funcionalidades não foram implementadas integralmente nesta etapa.

Diante disso, sugerem-se, como trabalhos futuros: a instalação do painel em uma aplicação real, monitorando seu desempenho ao longo de diferentes períodos de uso; a realização de estudos comparativos de consumo de energia e custo-benefício em relação a sistemas tradicionais ou comerciais; a ampliação do sistema para incluir sensores de qualidade da água plenamente integrados ao controlador; e a efetiva implementação de rotinas de comando por voz e integração com plataformas de automação residencial e assistentes virtuais.

Em síntese, o trabalho demonstrou que é possível projetar e montar um painel de automação para piscina que concilie segurança elétrica, praticidade de uso e potencial de integração com tecnologias inteligentes, em conformidade com as normas técnicas vigentes. Ao mesmo tempo, evidenciou-se que a automação, quando aliada ao cumprimento de normas e boas práticas, pode transformar uma instalação de lazer em um sistema mais seguro, eficiente e alinhado às exigências contemporâneas de conforto, sustentabilidade e conectividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004. <https://sl1nk.com/2iUE6> Acesso em: 20 jul. 2024

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL (AURESIDE). **Automação residencial e predial no Brasil: panorama e tendências**. São Paulo, 2023. <https://www.itechome.com.br/aureside> . Acesso em: 09 jun. 2024

D'ACUNTI, Fabiano B. **Integração de sistemas na automação residencial: a chave para uma casa inteligente**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://sl1nk.com/FctIB>. Acesso em: 30 out. 2024.

NOBREGA, Daniela. **Automação de piscinas: benefícios, equipamentos e como implementar**. Blog Comercial Lanel, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://sl1nk.com/Q5FYT> Acesso em: 15 mar. 2025.

IGARAPÉ PISCINAS. **Tecnologia e design para piscinas sustentáveis**. Curitiba, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://sl1nk.com/U87R3> Acesso em: 10 jul. 2025

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-10: segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília, 2019. <https://acesse.one/GtL96> . Acesso em: 12 fev. 2025.

CARVALHO, P. R. **Domótica e eficiência energética em residências**. [S.l.: s.n.], 2017. <https://l1nq.com/JXOAP> . Acesso em: 10 jan. 2025.

WIDESYS. **Assistentes virtuais em ambientes residenciais: Alexa, Google Home e sua integração com os imóveis inteligentes**. Blog Widesys, 2025. Disponível em: <https://sl1nk.com/8cV9x> Acesso em: 02 maio, 2025.

NAIRON, V. A. **Artigo Automação Residencial por Comandos de Voz para Pessoas com Mobilidade Reduzida**, [S.l.:s.n.], 2018. <https://sl1nk.com/XP4UA> . Acesso em: 15 abril. 2025.

GLOBALTECH BRASIL. **Motores de alto rendimento para sistemas de piscinas**. [S.l.: s.n.], 2024. <https://sl1nk.com/9rwua> . Acesso em: 15 abril. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: <https://l1nq.com/sfU5N>. Acesso em: 16 abr. 2025.

ARTEVINIL PISCINAS. **Piscinas inteligentes: a revolução da automação**. Artevinil Piscinas, [s.d.]. Disponível em: <https://sl1nk.com/MJPBq> Acesso em: 23 jun. 2025.

KOSTEN-HAUS. **Sensores para automação residencial: tipos mais comuns**. Kosten-Haus, 13 out. 2021. Disponível em: <https://l1nq.com/VtNsY> Acesso em: 03 dez. 2025.

SANTANA, L. C. **Sistemas de reconhecimento automático de fala e aplicações em automação**. [S.l.: s.n.], 2017. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/10760> Acesso em: 03 maio. 2025.

SANTOS, D. R. **Internet das Coisas aplicada à automação residencial e à eficiência energética**. [S.l.: s.n.], 2021. <https://l1nq.com/ptoBn> Acesso em: 08 jul. 2025.

SANTOS, D. R.; ALMEIDA, G. F. **Automação de piscinas: conforto, economia e qualidade da água**. [S.l.: s.n.], 2019. <https://l1nq.com/tEi5T> Acesso em: 10 abril. 2025.

LIGHT TECH. **Automação e segurança: controle sua piscina à distância**. Light Tech, 16 mai. 2022. Disponível em: <https://sl1nk.com/N3d2w> . Acesso em: 03 out. 2025.

THOLZ. **Smartpool: manual de instalação e operação**. [S.l.], 2025. Disponível em: <https://www.tholz.com.br/> . Acesso em: 22 nov. 2025.

WORTMEYER, A. L.; FREITAS, J. C.; CARDOSO, R. M. **Automação residencial: conceitos, aplicações e perspectivas**. [S.l.: s.n.], 2005. <https://l1nq.com/b8aSX> . Acesso em: 10 agos. 2025.