



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

PLATAFORMA DIGITAL PARA INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DE RISCO

Andressa Zaine Ferreira de Santana

Orientador: Professora Joana Cristina Cardoso Guedes (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador: Professor Joana Alexandra Silva Duarte (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Professora Paula Carneiro (Universidade do Minho)

Presidente do Júri: Professor Mário Augusto Pires Vaz (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2025



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de expressar o meu profundo agradecimento à Professora Joana Guedes, que me orientou ao longo deste processo e, desde o primeiro momento, acreditou no potencial deste trabalho. A sua orientação — e, sobretudo, a confiança e o entusiasmo demonstrados em cada etapa — foram essenciais para a concretização desta dissertação.

Agradeço igualmente à Professora Joana Duarte, pela disponibilidade e pelos contributos sempre pertinentes, que enriqueceram esta investigação.

Quero ainda reconhecer todos os professores com quem me cruzei ao longo do meu percurso académico, e que, de diferentes formas, contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

O meu apreço estende-se também à empresa onde trabalho e a todos os que participaram neste projeto, dedicando tempo, partilhando conhecimento e tornando possível o desenvolvimento desta proposta.

Agradeço igualmente à Isabel, pela oportunidade e por apostar em mim, assim como pelo exemplo de dedicação na área da segurança. Estendo este reconhecimento a todos os profissionais que diariamente contribuem para esta área e cujo trabalho admiro.

Aos meus pais, que sempre se sacrificaram para que eu chegasse até aqui e que me ensinaram, com força e muito trabalho, que tudo se conquista. Ao meu irmão, cuja presença discreta, mas constante me acompanha e apoia, mesmo quando as palavras faltam.

Quero também homenagear as minhas avós, que, embora já não estejam presentes, teriam um enorme orgulho em ver a primeira neta tornar-se mestre. Espero que, onde quer que estejam, sintam esta conquista como delas também.

E, por fim, aos meus amigos e a todos aqueles que sempre acreditaram que isto podia tornar-se real — e não apenas um sonho — deixo a minha sincera gratidão.

Obrigada

RESUMO

Introdução

As transformações introduzidas pela Indústria 4.0 e 5.0 têm impulsionado a digitalização dos processos de trabalho, evidenciando a necessidade de soluções integradas que apoiem a prevenção e a gestão de riscos profissionais. No domínio da Segurança e Saúde no Trabalho, as soluções digitais integradas assumem um papel relevante ao melhorar a circulação de informação, reforçar o controlo operacional e promover ambientes laborais mais seguros e eficientes. Este trabalho enquadra-se neste contexto, propondo o desenvolvimento de uma plataforma digital orientada para a gestão do risco e da SST na operação e manutenção de parques fotovoltaicos.

Objetivos

O principal objetivo consiste na conceção de uma solução digital que permita centralizar informação, melhorar a comunicação entre os vários intervenientes e apoiar a conformidade com requisitos legais e normativos. Pretende-se, assim, contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro, transparente e alinhado com os princípios da melhoria contínua.

Metodologia

A metodologia adotada foi qualitativa, baseada na realização de entrevistas semiestruturadas a colaboradores das áreas de operação, manutenção e segurança. Estas entrevistas permitiram identificar necessidades, limitações do modelo atual de gestão e expectativas relativamente à digitalização. A análise temática dos dados recolhidos sustentou a definição dos requisitos funcionais da plataforma e a criação de um protótipo visual desenvolvido na ferramenta Visily.

Resultados

Os resultados mostram necessidades comuns entre os participantes, como a dispersão da documentação, falhas na comunicação, falta de histórico organizado, dificuldades na avaliação de riscos e pouca rastreabilidade das atividades. A análise identificou várias áreas onde a digitalização pode trazer melhorias, nomeadamente na gestão documental, no planeamento, na comunicação interna, na avaliação de riscos e no registo de incidentes. O protótipo desenvolvido reúne estas dimensões numa solução simples e modular, ajustada às exigências operacionais e legais do setor.

Conclusões

Conclui-se que a implementação de uma plataforma digital integrada pode representar um avanço relevante para a gestão da SST na operação e manutenção de parques fotovoltaicos. A proposta contribui para o aumento da eficiência, reforço da cultura preventiva e melhoria da conformidade com requisitos normativos. Recomenda-se que fases futuras incluam a validação em ambiente real, testes com utilizadores e a evolução funcional da solução apresentada.

Palavras-chave – Segurança e Saúde no Trabalho; Gestão de Riscos Ocupacionais; Plataforma Digital; Indústria 4.0 e 5.0; Parques Fotovoltaicos.

ABSTRACT

Introduction

The transformations introduced by Industry 4.0 and 5.0 have accelerated the digitalisation of work processes, highlighting the need for integrated solutions that support the prevention and management of occupational risks. In the field of Occupational Safety and Health (OSH), integrated digital solutions play a relevant role by improving information flow, strengthening operational control, and promoting safer and more efficient working environments. This study is framed within this context and proposes the development of a digital platform designed to support risk management and OSH in the operation and maintenance of photovoltaic parks.

Objectives

The main objective is to design a digital solution capable of centralising information, improving communication among stakeholders, and supporting compliance with legal and normative requirements. The proposal aims to contribute to a safer and more transparent workplace, aligned with the principles of continuous improvement.

Methodology

A qualitative methodology was adopted, based on semi-structured interviews with workers from the operation, maintenance, and safety areas. These interviews made it possible to identify needs, limitations of the current management model, and expectations regarding digitalisation. The thematic analysis of the collected data supported the definition of the platform's functional requirements and the development of a visual prototype using the Visily tool.

Results

The results reveal common needs among participants, including documentation dispersion, communication failures, lack of an organised historical record, difficulties in risk assessment, and limited activity traceability. The analysis identified several areas where digitalisation can bring improvements, namely in document management, planning, internal communication, risk assessment, and incident reporting. The prototype developed integrates these dimensions into a simple and modular solution aligned with the sector's operational and legal requirements.

Conclusions

The study concludes that the implementation of an integrated digital platform may represent significant progress in OSH management within the operation and maintenance of photovoltaic parks. The proposal contributes to increased efficiency, a strengthened preventive culture, and improved compliance with normative requirements. Future work should include validation in a real operational environment, user testing, and the functional evolution of the proposed solution.

Keywords — Occupational Safety and Health; Occupational Risk Management; Digital Platform; Industry 4.0 and 5.0; Photovoltaic Parks.

SIGLAS

ACT - Autoridade para as Condições de Trabalho

BIM- Building Information Modeling

IA — Inteligência Artificial

ISO — International Organization for Standardization

IEC — International Electrotechnical Commission

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

OIT - Organização Internacional do Trabalho

O&M- Operação e Manutenção

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration*

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

QAS- Qualidade, Ambiente e Segurança

SST- Segurança e Saúde no Trabalho

RH — Recursos Humanos

SLR — Systematic Literature Review

KPI — Key Performance Indicator

INDICE

indice	V
1 Introdução	1
2 Enquadramento Teórico	3
2.1 Apresentação da entidade onde a Dissertação foi desenvolvida	3
2.2 Enquadramento Legal e Normativo	5
2.3 Conhecimento Científico.....	7
2.3.1 Metodologia de pesquisa de informação	7
2.3.2 Resultados da pesquisa	9
2.4 Objetivos da Dissertação	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Análise de Soluções Existentes	15
3.2 Análise de Contexto	16
3.3 Entrevistas para levantamento de necessidades e desenho do protótipo	16
3.3.1 Construção do Guião	17
3.3.2 Procedimento	19
3.3.3 Participantes.....	19
3.4 Desenvolvimento do Protótipo	20
3.5 Testes com Utilizadores	21
4 Resultados	22
4.1 Plataformas Digitais atuais.....	22
4.2 Análise de contexto	23
4.2.1 Organização	25
4.3 Entrevistas	26
4.3.1 Perfil dos entrevistados.....	27
4.3.2 Sinergias e formas de comunicação.....	27
4.3.3 Documentação	28
4.3.4 Digitalização	29
4.3.5 Especificidades dos parques (procedimentos)	30
4.3.6 Expectativas das partes interessadas.....	30

4.4	Desenvolvimento do Protótipo	32
4.5	Proposta de Plataforma	41
4.5.1	Arquitetura do projeto.....	42
4.5.2	Protótipo	43
4.5.3	Transição obra para O&M	53
4.6	Testes com Utilizadores	55
5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	56
6	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	58
6.1	Conclusões.....	58
6.2	Limitações do estudo e Perspetivas Futuras	59
7	BIBLIOGRAFIA.....	60
8	APENDICE	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma Organizacional (Jayme da Costa, n.d-a).....	3
Figura 2- Mapa Ilustrativo-Distribuição Territorial	4
Figura 3-Diagrama PRISMA, 2020.....	10
Figura 4- Distribuição geográfica dos Artigos selecionados.....	11
Figura 5- Metodologia Adotada	15
Figura 6- Plataforma Digital- <i>SafetyCouture</i>	22
Figura 7- Interação vários interveniente.....	25
Figura 8- Práticas recorrentes.....	28
Figura 9- Melhorias Identificadas pela Digitalização	29
Figura 10- Arquitetura do Projeto	43
Figura 11- Página do Login.....	44
Figura 12 - Placa de Acesso Parques.....	45
Figura 13- Menu Principal	46
Figura 14- Planeamento atividades	47
Figura 15- Mapa Localização dos Parques.....	48
Figura 16- Ficha Técnica Parque.....	49
Figura 17- Ficha Técnica Parque-Parte 2	50
Figura 18- Procedimento de Trabalho.....	52
Figura 19- Avaliação de Riscos.....	53
Figura 20- Proposta Steering.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Combinações Palavras-chave	7
Tabela 2- Distribuição artigos por temas.....	11
Tabela 3- Guião Entrevista	18
Tabela 4 - Principais intervenientes e responsabilidades no processo de O&M	26
Tabela 5- Perfil Entrevistados	27
Tabela 6- Principais Contributos Entrevistas	31
Tabela 7 -Funcionalidades da Plataforma	34

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a indústria global tem atravessado transformações estruturais profundas, impulsionadas pelo avanço contínuo da tecnologia. Desde a Primeira Revolução Industrial, caracterizada pela mecanização dos processos produtivos com recurso à energia a vapor, passando pela eletrificação e pela subsequente automação que marcaram, respetivamente, a Segunda e a Terceira Revoluções Industriais, até à atual era da Indústria 4.0, a trajetória evolutiva dos sistemas de produção tem sido acompanhada por transformações estruturais de natureza económica, social e organizacional (Demir et al., 2019). A Indústria 4.0, enquanto novo paradigma industrial, distingue-se pela convergência entre o mundo físico e o digital, materializada na digitalização integrada dos processos produtivos e na adoção de tecnologias emergentes, tais como a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), o *big data*, os sistemas ciberfísicos e a robótica avançada, visando otimizar a eficiência operacional, aumentar a flexibilidade produtiva e reduzir custos (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

Contudo, a implementação acelerada e, por vezes, desregulada destas tecnologias tem gerado uma série de desafios. Entre estes destacam-se questões éticas, sociais e ambientais, como a substituição do trabalho humano por máquinas, o aumento da vigilância sobre os trabalhadores, os impactos ambientais da digitalização e a crescente desigualdade digital (Dufour, Leclercq-Vandelannoitte & Elie-Dit-Cosaque, 2020). Neste contexto, surge a Indústria 5.0, proposta pela Comissão Europeia como um novo paradigma centrado na sustentabilidade, na resiliência e na valorização do ser humano (Breque, De Nul & Petridis, 2021).

A Indústria 5.0 propõe, assim, uma colaboração sinérgica entre pessoas e tecnologias inteligentes, onde estas servem para potenciar as capacidades humanas, ao invés de as substituir. Este modelo assume uma perspetiva mais abrangente, alinhada com políticas como o Pacto Ecológico Europeu, que promovem a transição verde, a justiça social e a capacitação digital, defendendo que a transformação tecnológica deve ser inclusiva e orientada para o bem comum (Comissão Europeia, 2021).

É neste enquadramento que os sistemas digitais inteligentes para segurança e saúde no trabalho (SST) assumem um papel de destaque. Estas tecnologias, que combinam sensores, dispositivos vestíveis, plataformas de análise de dados e algoritmos baseados em IA, permitem uma monitorização contínua das condições laborais, a deteção precoce de riscos e a personalização de estratégias de prevenção (EU-OSHA, 2024). Ao focarem-se na proteção do trabalhador e na melhoria das condições de trabalho, estas soluções representam um exemplo claro de como a digitalização pode ser orientada por valores humanistas.

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA, 2024), o desenvolvimento destes sistemas deve seguir princípios como: foco nos benefícios reais para a saúde ocupacional, personalização de acordo com os contextos específicos, proteção da privacidade e da segurança dos dados, fiabilidade técnica, integração nos sistemas de gestão existentes, escalabilidade e facilidade de utilização. Estes critérios visam garantir que a tecnologia contribui efetivamente para a prevenção de acidentes e doenças profissionais, sem gerar novos riscos ou aumentar o controlo sobre os trabalhadores.

Contudo, para que a implementação destas soluções seja bem-sucedida, é fundamental a participação ativa dos trabalhadores em todas as fases do processo. No *policy brief* publicado pela OSHA em 2023, "*Involving Workers to Boost Their Safety and Health Impact*", destaca-se que o envolvimento dos trabalhadores na seleção, teste e implementação de sistemas digitais inteligentes aumenta significativamente a sua aceitação e eficácia. Estratégias como consultas prévias, períodos de teste, programas de “embaixadores” internos, formação prática e oficinas colaborativas de descoberta tecnológica revelaram-se eficazes para assegurar que a tecnologia esteja alinhada com as necessidades reais dos trabalhadores.

A falta de envolvimento pode resultar em má implementação, resistência à mudança ou mesmo efeitos adversos sobre a saúde e segurança. Por outro lado, quando os trabalhadores são ouvidos e têm oportunidade de contribuir com sua experiência de chão de fábrica, a tecnologia deixa de ser uma imposição externa e passa a ser apropriada como uma ferramenta de apoio ao seu bem-estar. Este modelo participativo reforça não apenas a eficácia técnica dos sistemas, mas também a confiança, a transparência e o sentimento de pertença, pilares essenciais de uma transição digital verdadeiramente centrada nas pessoas.

A aplicação dos sistemas digitais inteligentes à segurança no trabalho simboliza uma ponte entre os dois paradigmas industriais. Por um lado, herdamos as inovações técnicas da Indústria 4.0; por outro, integramos os princípios éticos e sociais da Indústria 5.0. Enquanto a primeira promove a automação e a eficiência como fins em si, a segunda reorienta as tecnologias para o serviço da pessoa, defendendo a dignidade e o bem-estar do trabalhador (Demir, Döven & Sezen, 2021). Tecnologias que alertam em tempo real para situações de risco, que analisam a ergonomia do posto de trabalho ou que permitem formar os trabalhadores com base em dados concretos constituem aplicações tangíveis deste novo modelo.

Em Portugal, a adoção de tecnologias digitais tem evoluído de forma desigual. As grandes empresas, especialmente no setor automóvel, estão mais avançadas na integração de soluções da Indústria 4.0. Por outro lado, setores mais tradicionais, como o têxtil, o calçado e o agroalimentar, bem como as pequenas e médias empresas (PME), enfrentam dificuldades, sobretudo ao nível do financiamento, das competências digitais e da resistência à mudança.

Iniciativas como o Plano de Recuperação e Resiliência e o Portugal 2030 visam ultrapassar esses desafios, promovendo uma transição digital mais inclusiva, sustentável e centrada nas pessoas.

Neste contexto, torna-se cada vez mais relevante apostar na digitalização da Segurança e Saúde no Trabalho (SST), aproveitando as ferramentas e recursos atualmente disponíveis para modernizar processos e adotar soluções mais eficazes. A gestão da SST em Portugal deve acompanhar a inovação, procurando novas formas de partilhar informação e de se adaptar à evolução dos processos produtivos e até considerando os limites impostos pelos recursos financeiros disponíveis.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Apresentação da entidade onde a Dissertação foi desenvolvida

O presente estudo tem como âmbito de aplicação uma empresa portuguesa do setor da energia, com sede em Vila Nova de Gaia, integrada num grupo empresarial nacional de grande dimensão. Com mais de um século de atividade, esta organização apresenta uma estrutura organizacional alinhada com as exigências tecnológicas e de inovação inerentes ao setor energético.

A sua atuação centra-se no desenvolvimento de produtos e soluções técnicas na área da energia, sustentada por uma vasta experiência no fabrico de equipamentos elétricos e na implementação de sistemas eletromecânicos. A empresa encontra-se inserida em diversos segmentos do setor, destacando-se especialmente nas energias renováveis — com particular ênfase na produção solar fotovoltaica — e na distribuição de energia elétrica.

A estrutura organizacional da empresa encontra-se distribuída em várias áreas funcionais, conforme ilustrado no fluxograma da figura 1. Esta estrutura é constituída por uma Comissão Executiva, que supervisiona áreas críticas como Gestão de Risco, Comercial, Serviços Partilhados, Produtos, Sistemas e Serviços. Cada uma destas áreas compreende diversos departamentos específicos que asseguram a operação eficiente e integrada da empresa, facilitando a adaptação às exigências do mercado e a inovação tecnológica.

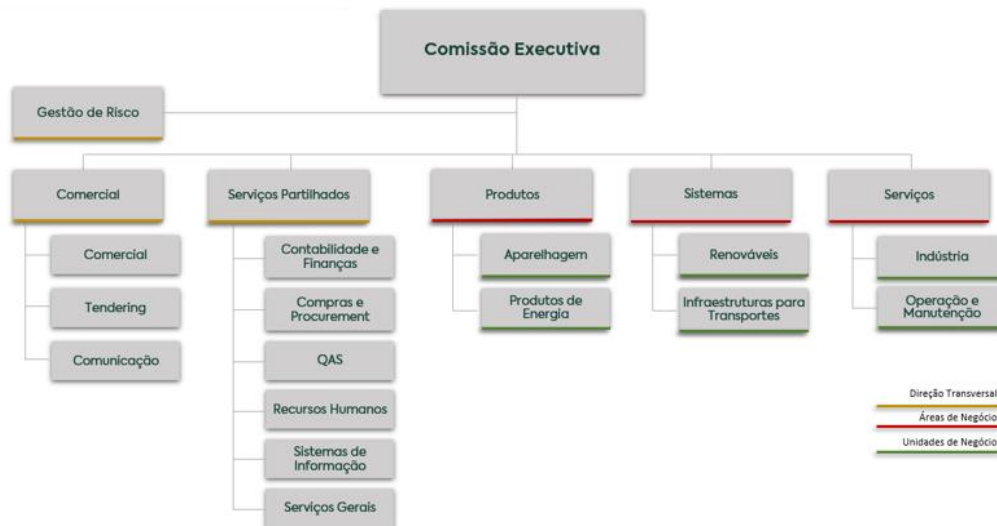


Figura 1- Fluxograma Organizacional (Jayme da Costa, n.d-a)

Nos últimos anos, a empresa tem vindo a diversificar as suas áreas de atuação, destacando-se a construção de infraestruturas de transporte, incluindo projetos ferroviários, bem como o reforço das competências na operação e manutenção de sistemas energéticos. Esta estratégia permitiu a constituição de um portefólio diversificado de projetos, com abrangência nacional e internacional, em colaboração com múltiplas entidades dos setores da energia e dos transportes.

Classificada como Pequena e Média Empresa (PME), a empresa apresenta um volume de negócios estimado entre 25 e 50 milhões de euros.

A estrutura organizacional está segmentada em três grandes áreas de negócio principais: Sistemas, Produtos e Serviços. A área de Serviços inclui, entre outras atividades, o serviço pós-venda e a gestão das operações de manutenção (O&M) de centrais solares fotovoltaicas. Atualmente, a empresa é responsável pela operação e manutenção de cerca de 30 parques solares fotovoltaicos distribuídos por todo o território nacional e representado no mapa da Figura.2.

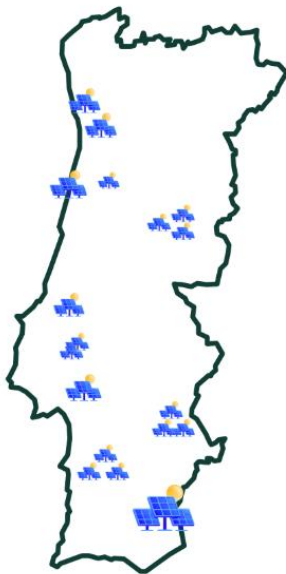


Figura 2- Mapa Ilustrativo-Distribuição Territorial

A organização é composta por aproximadamente 125 colaboradores, distribuídos pelas diversas áreas funcionais. Deste total, 14 exercem funções na área de operação e manutenção (O&M), enquanto 4 assumem responsabilidades como Gestores de Projeto.

Os técnicos de O&M estão organizados em seis equipas regionais, alocadas estrategicamente em diferentes zonas do território nacional: uma no Norte, uma em Viseu, duas no Sul e uma em Alcoutim.

Importa salientar que, apesar de as atividades de O&M serem transversais a todos os parques, a sua execução pode divergir substancialmente em função das características específicas de cada instalação. Fatores como a localização geográfica, a dimensão do parque, o tipo de equipamento instalado e as condições ambientais influenciam diretamente os métodos de intervenção e as estratégias adotadas pelas equipas técnicas. Esta variabilidade constitui um desafio permanente, exigindo uma elevada capacidade de adaptação por parte das equipas, com vista a assegurar a eficiência operacional e a qualidade dos serviços prestados, adequando-se às particularidades de cada contexto de atuação.

2.2 Enquadramento Legal e Normativo

Em Portugal, a Segurança e Saúde no Trabalho assenta numa estrutura normativa sólida, composta por legislação específica e orientações técnicas, que visa salvaguardar, de forma sistemática e contínua, a integridade física e mental dos trabalhadores.

O referencial legislativo central neste domínio é a Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. Esta legislação aplica-se transversalmente a todos os ramos de atividade, tanto no sector público como no privado, independentemente da natureza do vínculo jurídico-laboral.

A Lei n.º 102/2009 articula-se diretamente com o Código do Trabalho, designadamente nos artigos 281.º a 284.º, que consagram os direitos e deveres das partes no âmbito da prevenção dos riscos profissionais. De acordo com este enquadramento, o empregador tem a obrigação legal de assegurar condições de trabalho seguras e saudáveis, enquanto o trabalhador deve colaborar ativamente na implementação e cumprimento das medidas de prevenção. Esta interligação reforça o carácter contratual da SST, evidenciando que o vínculo laboral celebrado entre ambas a parte implica, de forma inerente, responsabilidades mútuas no domínio da prevenção dos riscos profissionais.

Além do regime geral, existem diversos diplomas legais específicos que regulam sectores de atividade ou tipologias de risco particulares. Entre esses diplomas, destacam-se:

- Lei n.º 7/2009- Estabelece o código do trabalho e o regime geral de segurança e saúde no trabalho em Portugal, definindo os direitos e deveres dos trabalhadores e empregadores.
- Lei n.º 98/2009, de 4 de setembro- Regulamenta o Regime de reparação de acidentes de trabalho e de doenças profissionais.
- Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro - Estabelece as prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho);
- Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de outubro- Estabelece regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho a aplicar em estaleiros temporários ou móveis);
- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro- Estabelece as Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).
- Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro- Estabelece as Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas);
- Decreto-Lei n.º 330/93, de 25 de setembro- Estabelece as prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas.
- Decreto-Lei n.º 42895, de 31 de março- Aprova o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento - Revoga o Decreto n.º 27680 e as instruções para

os primeiros socorros a prestar em acidentes pessoais produzidos por correntes elétricas, aprovadas por Decreto de 23 de Junho de 1913.

Para além do enquadramento legislativo nacional, é fundamental considerar os referenciais normativos internacionais que sustentam e reforçam uma abordagem estruturada e abrangente à gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. Destaca-se, neste contexto, a ISO 31000:2018, que define princípios e orientações para a gestão do risco, aplicáveis a qualquer tipo de organização. Apesar de não ser uma norma certificável, apresenta um modelo flexível e baseado em boas práticas, sendo adaptável a diferentes sectores de atividade e graus de complexidade organizacional. Esta norma fornece uma estrutura metodológica sólida para a identificação, análise, avaliação, tratamento, monitorização e comunicação dos riscos.

A ISO 31000:2018 assenta em princípios essenciais como a criação e proteção do valor organizacional, a integração da gestão de riscos em todos os processos da organização, a consideração dos fatores humanos e culturais e o compromisso com a melhoria contínua. Aplicada ao contexto da SST, esta norma permite às organizações adotar uma abordagem mais ampla e proactiva aos riscos profissionais, ultrapassando a mera conformidade legal. A sua implementação contribui para a identificação antecipada de perigos, a gestão eficaz da incerteza e um suporte fundamentado à tomada de decisões, tanto a nível estratégico como operacional.

Complementarmente, a norma ISO 45001:2018, que substituiu a anterior OHSAS 18001, estabelece os requisitos para a implementação de um sistema de gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SST). Esta norma traduz, de forma prática, os princípios da ISO 31000:2018 no domínio específico da segurança e saúde ocupacional, promovendo uma abordagem sistemática à gestão de riscos laborais. Entre os seus pilares, destaca-se a valorização da participação ativa dos trabalhadores, o cumprimento rigoroso das obrigações legais aplicáveis e a promoção contínua do bem-estar no ambiente de trabalho.

A ISO 45001:2018 defende que a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais deve ser parte integrante da cultura organizacional, envolvendo todos os níveis hierárquicos e sendo sustentada por mecanismos eficazes de comunicação, consulta e monitorização. Essa visão integrada da prevenção reforça a importância de incorporar a gestão da SST como elemento estratégico das organizações.

Por sua vez, embora a ISO 9001:2015 esteja centrada na gestão da qualidade, também desempenha um papel relevante na gestão de riscos operacionais. Ao padronizar procedimentos, reforçar o controlo documental e promover a melhoria contínua, esta norma contribui, ainda que de forma indireta, para a redução de erros e falhas que podem originar situações de risco no ambiente de trabalho.

A aplicação conjunta das normas ISO 45001:2018 e ISO 9001:2015 permite o desenvolvimento de uma abordagem coerente, eficaz e sustentável à gestão dos riscos profissionais. Esta sinergia favorece não apenas a conformidade com os requisitos normativos, mas também o fortalecimento de uma cultura organizacional orientada para a segurança, a eficiência operacional e a responsabilidade social.

2.3 Conhecimento Científico

2.3.1 Metodologia de pesquisa de informação

A presente pesquisa bibliográfica foi conduzida com base na metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), adotando-se os princípios estabelecidos pelo protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Trata-se de um conjunto mínimo de diretrizes baseadas em evidências científicas, elaborado com o objetivo de assegurar transparência, rigor metodológico e reprodutibilidade na condução e relato de revisões sistemáticas e meta-análises (Page et al., 2021).

Como parte do processo de revisão bibliográfica desta investigação, foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura em duas bases de dados científicas amplamente reconhecidas e associadas a áreas multidisciplinares: *SCOPUS* e *Web of Science*. O objetivo central consistiu em mapear o estado da arte relativo à Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, à digitalização dos processos laborais e às plataformas digitais de gestão de riscos associados à SST. Procurou-se identificar os principais desenvolvimentos científicos, as abordagens metodológicas predominantes e as tendências emergentes discutidas no atual contexto organizacional e tecnológico.

A definição das palavras-chave constituiu uma etapa fundamental do processo, com o intuito de localizar artigos publicados em revistas científicas que abordassem a utilização de ferramentas digitais na gestão da SST e na gestão de riscos profissionais. Considerando que grande parte dessa transformação digital está intrinsecamente relacionada aos paradigmas da Indústria 4.0 e, mais recentemente, da Indústria 5.0, optou-se por incluir estes conceitos como parte integrante das estratégias de busca.

Para esse efeito, foram elaboradas três combinações distintas de palavras-chave, estruturadas de forma a integrar termos amplos e específicos, garantindo simultaneamente uma cobertura abrangente e focada da literatura relevante. As combinações encontram-se sistematizadas na Tabela 1, assegurando a rastreabilidade metodológica e a replicabilidade da pesquisa.

Tabela 1- Combinações Palavras-chave

Grupo	Combinações				
1)	"risk assessment" OR "risk management"	AND	"occupational health"	AND	"safety digital tools"
2)	OSH	AND	digital	AND	platform
3)	"Industry 4.0" OR "Industry 5.0"	AND	workplace	AND	safety

Cada conjunto de combinações foi elaborado a partir de diferentes lógicas de pesquisa, refletindo abordagens distintas sobre o tema. Procurou-se, contudo, manter um equilíbrio entre palavras-chave de carácter mais abrangente e outras de natureza mais específica. Esse equilíbrio foi alcançado através de um processo iterativo de experimentação, no qual diferentes combinações foram testadas e ajustadas até se obterem resultados considerados metodologicamente satisfatórios.

A seleção dos artigos incluídos na revisão foi organizada em três fases sequenciais, com o objetivo de garantir a relevância, atualidade e qualidade científica dos estudos analisados. Na primeira fase, foram aplicados critérios de exclusão diretamente na pesquisa inicial, permitindo uma filtragem preliminar dos resultados. Os critérios adotados foram:

1. Data – Consideraram-se apenas artigos publicados nos últimos 15 anos (2010–2025), uma vez que os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0 emergiram e se popularizaram a partir de 2011, durante a Feira de Hannover, na Alemanha, como parte de uma estratégia do governo alemão.
2. Tipo de documento – Foram incluídos apenas artigos científicos.
3. Fonte – Apenas estudos publicados em *journals e trade publications*;
4. Idioma – Apenas artigos em língua inglesa.

Após a primeira fase de seleção, os artigos identificados foram exportados em formato RIS para a plataforma *Rayyan*, uma ferramenta online desenvolvida e financiada com o propósito específico de apoiar a condução de revisões sistemáticas e meta-análises. Esta plataforma disponibiliza funcionalidades de semi-automatização que facilitam e aceleram o processo de triagem de títulos e resumos, contribuindo para uma análise mais eficiente e criteriosa, bem como para a identificação rigorosa dos estudos relevantes a incluir na revisão.

Durante a etapa inicial de triagem no Rayyan, foram identificados e excluídos os artigos duplicados.

Na segunda fase, procedeu-se à análise dos títulos e resumos, com o intuito de verificar a conformidade dos estudos com os critérios previamente definidos. Os artigos considerados desadequados foram excluídos nesta etapa.

A terceira fase centrou-se na leitura integral dos artigos selecionados e no levantamento e sistematização da informação contida nos mesmos. Para tal, foi estabelecido um conjunto de parâmetros de extração, cuja recolha foi parcialmente assistida por uma ferramenta de inteligência artificial — o ChatGPT, desenvolvido pela OpenAI. Este recurso baseia-se no modelo GPT-4 (Generative Pre-trained Transformer 4), um sistema linguístico avançado treinado para compreender e produzir texto com elevado rigor conceptual, coesão e contextualização (OpenAI, 2023). A sua aplicação neste processo permitiu agilizar a extração da informação relevante, otimizando e aumentando a uniformidade na recolha dos dados.

Como mecanismo de verificação, foi igualmente solicitado ao modelo que indicasse a localização exata da informação nos documentos (por exemplo, secção ou parágrafo), permitindo a validação manual e criteriosa de todos os dados extraídos.

Os dados recolhidos e analisados com vista ao mapeamento sistemático foram os seguintes:

- Título e autores – Informação utilizada para a identificação dos estudos e referênciação;
- Ano de publicação – Permitiu avaliar a atualidade dos trabalhos e compreender a evolução temporal da temática.
- País de origem – Indicou a distribuição geográfica da produção científica relacionada com o tema.

- Área temática / domínio de aplicação – Identificou o enquadramento conceptual de cada estudo, incluindo áreas como formação, SST ou tecnologias emergentes.
- Setor de aplicação – Especificou o contexto organizacional ou industrial em que os estudos se inserem (ex.: indústria, saúde, construção).
- Ferramenta digital utilizada – Descreveu as soluções tecnológicas aplicadas à gestão da SST ou à digitalização de processos de risco.
- Objetivo e usabilidade da ferramenta – Analisou a finalidade, o público-alvo e o modo de utilização das soluções digitais apresentadas.
- Metodologia adotada – Identificou os métodos e técnicas de investigação empregues
- Limitações identificadas – Recolheu os constrangimentos e limitações assinalados pelos autores relativamente à aplicabilidade e alcance dos resultados.

2.3.2 Resultados da pesquisa

A pesquisa realizada nas duas bases de dados identificou 468 artigos. Destes, 54 foram removidos por se encontrarem duplicados. Em seguida, aplicaram-se os filtros definidos previamente (data de publicação, tipo de documento e língua), o que levou à exclusão de 245 artigos que não cumpriam os critérios estabelecidos.

Concluída esta filtragem inicial, ficaram 169 artigos para a triagem dos títulos e resumos. Nesta fase, 128 artigos foram excluídos por não corresponderem aos objetivos da revisão. Entre os motivos encontravam-se a ausência de ligação à gestão de riscos em contexto laboral, estudos focados em áreas de segurança externas à SST e trabalhos de natureza essencialmente tecnológica, sem aplicação prática à gestão do risco.

Da triagem resultaram 41 artigos, que avançaram para a leitura integral. No entanto, a análise completa dos textos levou à exclusão de 20 estudos, principalmente por não abordarem a gestão de riscos de forma direta ou por apresentarem contributos demasiado superficiais, sem dados ou evidências que respondessem aos critérios definidos.

No final do processo, 21 artigos cumpriram os requisitos estabelecidos e foram incluídos na síntese qualitativa. O processo de seleção encontra-se representado no fluxograma PRISMA da Figura 3.

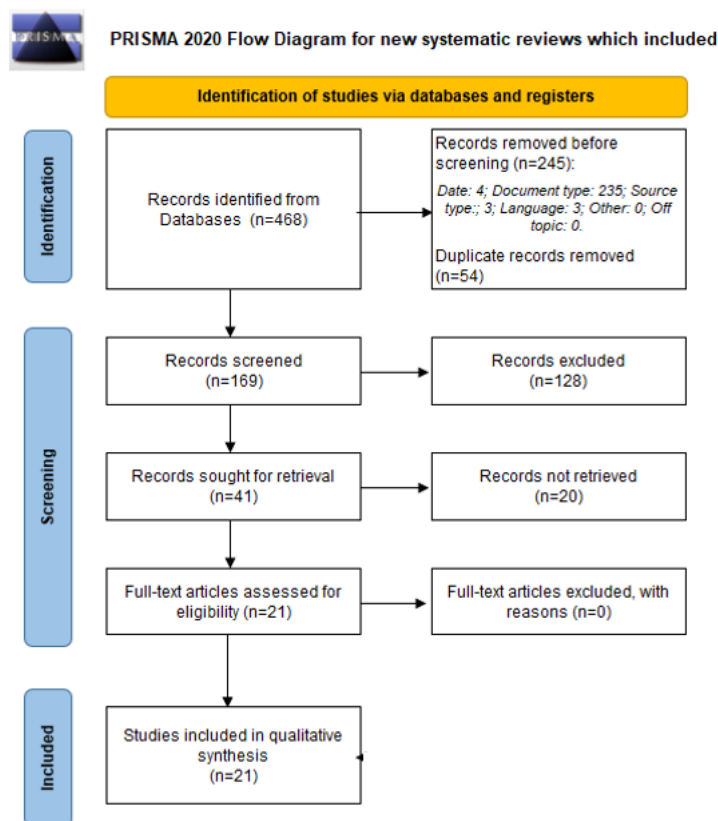


Figura 3-Diagrama PRISMA, 2020

A análise dos artigos selecionados, representada no Apêndice 1, permitiu consolidar uma visão abrangente e fundamentada sobre o papel das tecnologias digitais na Segurança e Saúde no Trabalho e na gestão de riscos profissionais. A maior parte das publicações concentra-se nos anos de 2022 e 2023, o que demonstra o carácter atual e emergente deste domínio de investigação (Ferreira et al., 2023; Kim et al., 2023). Esta distribuição temporal reflete não só a rápida evolução tecnológica das últimas décadas, mas também o reforço do interesse científico associado aos paradigmas da Indústria 4.0 e, mais recentemente, da Indústria 5.0.

Os estudos analisados apresentam uma ampla diversidade geográfica (Figura 4), incluindo estudos realizados em países como Itália (Botti et al., 2022), Suécia (Pettersson et al., 2022), Coreia do Sul (Kim et al., 2023), Reino Unido (Hosseini et al., 2022) e Brasil (Ferreira et al., 2023). Esta dispersão evidencia o carácter global das preocupações com a modernização dos sistemas de SST, bem como a internacionalização do debate sobre a digitalização dos processos de prevenção de riscos.

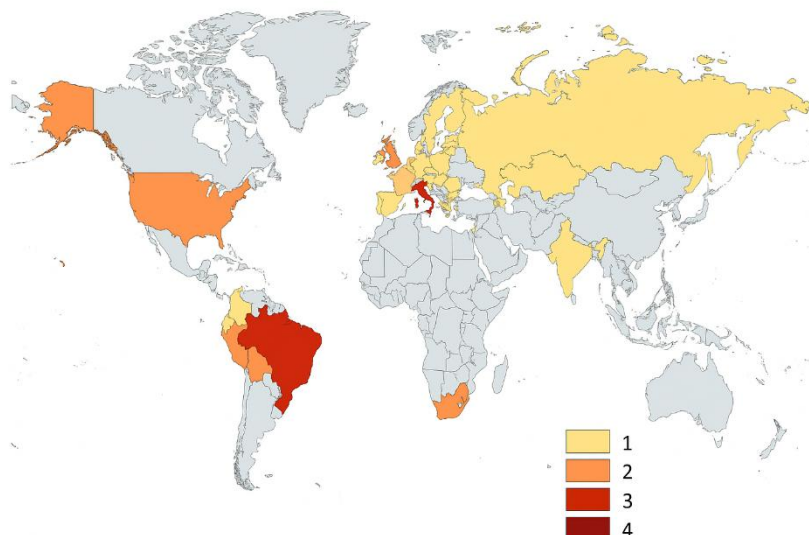


Figura 4- Distribuição geográfica dos Artigos selecionados.

Em termos de tecnologias exploradas, destaca-se a utilização de ferramentas como realidade virtual, inteligência artificial, sensores ambientais e biométricos, aplicações móveis e modelação da informação da construção (BIM). Estas soluções são aplicadas em diferentes fases da gestão de riscos, com destaque para o reforço da formação dos trabalhadores, a monitorização de condições de trabalho em tempo real, e o apoio à decisão técnica e estratégica (Ferreira et al., 2023; Pettersson et al., 2022).

Os setores de aplicação são igualmente diversos, abrangendo construção civil, indústria transformadora, saúde e ambientes corporativos. Esta variedade revela que as tecnologias digitais têm um potencial de aplicação transversal, adaptável a diferentes realidades organizacionais. Por exemplo, (Singh et al., 2023) utilizaram BIM e simulação 3D para planejar medidas de segurança num projeto de construção real, enquanto aplicaram inteligência artificial para monitorizar sinais de fadiga em ambientes hospitalares.

A distribuição dos artigos por tema e setor de aplicação dos estudos encontra-se sintetizada na Tabela 2.

Tabela 2- Distribuição artigos por temas

Área Temática	Indústria	Saúde	Construção Civil	Outros
Segurança no Trabalho	6	3	5	1
Formação	3	2	1	0
Tecnologias Emergentes	4	4	2	2
Gestão de Riscos	2	1	3	1
Digitalização de Processos	5	2	1	1

Esta distribuição confirma que a maior parte dos estudos se concentra em temas relacionados com segurança no trabalho e tecnologias emergentes, seguindo-se áreas como digitalização de processos, formação e gestão de riscos.

Apesar do avanço técnico evidente, os estudos analisados revelam uma lacuna importante: a maioria das propostas centra-se em soluções pontuais ou experimentais, não existindo, na maioria dos casos, plataformas digitais integradas que permitam gerir os riscos de forma contínua e centralizada.

Muitas das ferramentas são concebidas para resolver problemas específicos — como a medição de vibração (Pettersson et al., 2022) ou a identificação de espaços confinados (Botti et al., 2022) — mas não são articuladas com os sistemas de gestão já existentes nas organizações. Além disso, surgem limitações comuns mencionadas por vários autores:

- A baixa adesão dos trabalhadores às novas ferramentas digitais;
- A falta de compatibilidade com os sistemas organizacionais existentes;
- A necessidade de formação contínua para garantir uma utilização eficaz;
- E as preocupações com a privacidade e segurança dos dados recolhidos (Botti et al., 2022; Pettersson et al., 2022; Kim et al., 2023).

Estes desafios são particularmente relevantes no que respeita à aceitação e sustentabilidade das tecnologias no contexto real de trabalho. A introdução de soluções digitais em SST não depende apenas da sua eficiência técnica, mas também da sua integração no tecido organizacional, da participação ativa dos trabalhadores e do enquadramento normativo e ético.

2.4 Objetivos da Dissertação

A presente dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma digital orientada para a gestão da Segurança e Saúde no Trabalho e para a digitalização de processos organizacionais. A proposta pretende responder diretamente às lacunas identificadas na literatura. Ao contrário das abordagens fragmentadas analisadas, esta solução visa oferecer um modelo flexível, adaptável e interoperável, capaz de consolidar dados, apoiar decisões e promover uma cultura de prevenção proactiva e participativa. A integração de diferentes tecnologias (como sensores, IA, aplicações móveis e *dashboards* de gestão) numa plataforma única poderá representar um avanço significativo para a eficácia das estratégias de SST nas organizações.

A plataforma será concebida com foco na usabilidade, acessibilidade e interação intuitiva, permitindo que os colaboradores obtenham informações de forma prática, compreensível e em tempo real. Paralelamente, busca-se reforçar a ligação entre a área de SST e os trabalhadores, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro, participativo e orientado para a melhoria contínua dos processos.

Outro objetivo central consiste em garantir o cumprimento dos requisitos legais e normativos aplicáveis, além de apoiar a gestão dos riscos ocupacionais através da disponibilização de ferramentas que possibilitem o registo, o monitoramento e a análise de dados operacionais. A solução permitirá ainda que os colaboradores reportem informações de forma imediata, forneçam feedback relevante e acedam aos procedimentos específicos relacionados às suas atividades.

Objetivos Específicos

Com base no objetivo geral do estudo, definiram-se os seguintes objetivos específicos, que orientam o desenvolvimento e a avaliação da proposta apresentada:

- Criar uma plataforma digital que responda às necessidades identificadas na organização;
- Atender aos requisitos legais e normativos obrigatórios no âmbito da SST;
- Promover a digitalização das informações relativas a processos e procedimentos de segurança;
- Testar a plataforma desenvolvida, avaliando a sua usabilidade e adequação às atividades dos utilizadores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada nesta dissertação pode ser caracterizada como baseada no *Design Science Research* (DSR), uma vez que se inspira nos princípios e etapas desta abordagem, embora adaptada às especificidades do contexto em análise. O DSR revela-se particularmente adequado quando o objetivo central da investigação consiste na concepção e desenvolvimento de uma solução tecnológica inovadora orientada para a resolução de um problema prático. No caso específico deste estudo, o desafio reside na gestão dos riscos associados à manutenção de parques fotovoltaicos, exigindo simultaneamente inovação tecnológica e fundamentação científica rigorosa.

Enquanto perspectiva de investigação aplicada, o DSR combina a relevância prática com o rigor científico. Hevner et al. (2004) salientam que esta metodologia privilegia a criação de artefactos inovadores capazes de responder a problemas concretos, sem descuidar a base teórica que os sustenta. Já Peffers et al. (2007) sistematizam o DSR como um processo composto por seis etapas principais: identificação do problema, definição dos objetivos, concepção e desenvolvimento do artefacto, demonstração, avaliação e comunicação dos resultados. No presente trabalho, este modelo não foi seguido de forma estritamente formal; antes, serviu como referência metodológica para estruturar o percurso investigativo, garantindo coerência e alinhamento entre as fases do estudo.

Neste enquadramento, o conceito de artefacto assume papel central. Segundo Hevner et al. (2004), estes podem apresentar diferentes naturezas: construtos (novos conceitos ou linguagens), modelos (representações ou abstrações de sistemas), métodos (procedimentos ou algoritmos sistemáticos) ou instanciações (protótipos, aplicações ou sistemas funcionais). O seu valor mede-se pela sua utilidade e pelo potencial de gerar conhecimento transferível. No âmbito desta dissertação, o artefacto corresponde a uma plataforma digital concebida para apoiar a gestão de riscos em parques fotovoltaicos, integrando componentes de modelo (organização dos processos de identificação e monitorização de riscos), de método (sistematização dos procedimentos de segurança) e de instanciação (protótipo funcional da solução).

A operacionalização desta abordagem metodológica baseada no DSR desenvolveu-se em cinco etapas principais, representadas na Figura 5:

1. Pesquisa científica e técnica – revisão da literatura, análise de modelos e boas práticas relevantes, com o objetivo de fundamentar teoricamente a proposta.
2. Análise de contexto – levantamento das especificidades do setor fotovoltaico e das condições de manutenção dos parques.
3. Entrevistas para perceção de necessidades e desenho do protótipo – recolha de contributos junto de técnicos de segurança e gestores de equipa, a fim de identificar requisitos e prioridades.
4. Desenvolvimento do protótipo – concepção inicial da plataforma digital, integrando os requisitos recolhidos e os princípios de gestão de riscos.
5. Validação do protótipo – avaliação preliminar da aplicabilidade da plataforma, com recolha de feedback de potenciais utilizadores.

Assim, observa-se que a metodologia adotada é baseada no DSR, uma vez que, embora adaptada ao contexto específico da investigação, mantém a lógica essencial desta abordagem: estrutura o percurso metodológico em torno da conceção, desenvolvimento e validação de um artefacto. Neste sentido, a plataforma digital concebida não só responde ao problema identificado — a necessidade de otimizar a gestão de riscos na manutenção de parques fotovoltaicos —, como também representa um contributo científico relevante, demonstrando como a integração de teoria e prática pode gerar soluções inovadoras em contextos como o estudado



Figura 5- Metodologia Adotada

3.1 Análise de Soluções Existentes

Como ponto de partida, recorreu-se à revisão do conhecimento científico apresentado no Capítulo 2, que permitiu consolidar as bases teóricas sobre gestão de risco, tecnologias digitais e práticas de Segurança e Saúde no Trabalho. Esta revisão serviu não apenas para enquadrar o tema, mas também para identificar limitações e oportunidades que orientaram o desenvolvimento da solução proposta. Paralelamente, realizou-se uma análise de mercado focada em plataformas digitais utilizadas na gestão de riscos e na monitorização de atividades operacionais. Foram analisadas funcionalidades, modelos de utilização e níveis de integração oferecidos pelas soluções existentes, de forma a perceber o que já está disponível, o que falta e como a plataforma proposta poderia acrescentar valor. A combinação destas duas dimensões — conhecimento científico e análise das soluções atualmente utilizadas — permitiu definir requisitos mais robustos e alinhados com as necessidades práticas do setor.

3.2 Análise de Contexto

A análise de contexto foi considerada uma etapa essencial da metodologia, uma vez que permitiu compreender de forma concreta a realidade operacional dos parques fotovoltaicos. Nesta fase, procurou-se reunir informação sobre as atividades de manutenção, os equipamentos utilizados, os riscos associados e as práticas já existentes no âmbito da segurança. Esta recolha resultou da consulta de documentação técnica e de observações feitas no terreno, complementadas por conversas informais com técnicos e responsáveis de equipa. O objetivo foi garantir que o protótipo desenvolvido tivesse em conta as necessidades reais do setor e pudesse ser aplicado de forma prática.

3.3 Entrevistas para levantamento de necessidades e desenho do protótipo

A fase de conceção consistiu na definição dos requisitos funcionais e não funcionais da aplicação, considerando os objetivos do projeto e as necessidades do público-alvo. Nesta etapa foi elaborada uma arquitetura preliminar, que definiu funcionalidades essenciais, organização de conteúdos e fluxo de navegação entre ecrãs. Esta abordagem assegurou que a aplicação fosse estruturada de forma lógica e consistente desde o início do desenvolvimento (Pressman, 2014).

A opção por utilizar entrevistas semiestruturadas neste projeto seguiu a abordagem usada por Schäfer et al. (2022), que recorreram ao mesmo método num estudo sobre plataformas digitais de trabalho. O objetivo desses autores foi perceber como diferentes grupos — desde freelancers até especialistas — viam aspetos como o sucesso das plataformas, a organização do trabalho e as questões de segurança. No seu caso, realizaram 31 entrevistas com 39 participantes, usando um guião comum; as conversas foram gravadas com autorização e depois transcritas para análise com o software MAXQDA. Esta forma de recolha de informação mostrou-se útil por permitir reunir opiniões variadas e compreender melhor a experiência dos utilizadores, algo que também se pretendeu alcançar no presente projeto. À semelhança deste exemplo, as entrevistas no presente projeto foram aplicadas com um guião temático flexível, estruturado em torno de tópicos-chave: funcionalidades desejadas da plataforma, necessidades específicas de informação e comunicação e sugestões sobre a organização dos dados. A recolha foi feita de forma presencial e remota, tendo sido o conteúdo gravado e transcrito para posterior análise qualitativa.

Esta metodologia é particularmente adequada ao objetivo de captar as expectativas, preferências e experiências reais dos utilizadores em relação à (futura) plataforma. A análise das entrevistas seguiu uma lógica de análise do conteúdo, com o objetivo de identificação de categorias emergentes e principais funcionalidades, permitindo construir um mapa conceptual que serviu de base à estrutura funcional da solução digital.

Após esta fase, foi realizado um levantamento detalhado dos principais riscos associados às atividades de manutenção dos parques fotovoltaicos, abrangendo aspetos como condicionalismos operacionais, tarefas críticas, avaliação de perigos e medidas de mitigação. Esta informação foi digitalizada e estruturada para integração na plataforma.

3.3.1 Construção do Guião

Como já foi referido, o método de recolha de dados escolhido foi a entrevista estruturada. Este tipo de entrevista utiliza um guião previamente definido com questões centrais, garantindo alguma uniformidade entre os participantes, mas permite também ao investigador colocar perguntas adicionais para explorar respostas mais detalhadas, conforme o contexto apresentado pelo entrevistado (Quivy & Campenhoudt, 2008; Ghiglione & Matalon, 2001). A entrevista estruturada surgiu nos estudos sociológicos do início do século XX, especialmente no âmbito dos inquéritos padronizados, desenvolvidos para assegurar consistência e fiabilidade nos resultados.

Posteriormente, esta técnica foi adotada em contextos de psicologia e educação, tornando-se uma ferramenta importante em avaliações diagnósticas e pesquisas quantitativas que exigem rigor e replicabilidade (Gil, 2008; Sousa & Baptista, 2011).

O guião foi elaborado com o objetivo de conhecer melhor os participantes, compreender as suas motivações e recolher a sua opinião sobre o uso de plataformas digitais. A sua estrutura foi organizada em blocos temáticos, conforme apresentado na Tabela 2.

A divisão do guião em blocos temáticos reflete uma organização intencional e metodologicamente fundamentada, permitindo explorar, de forma progressiva e coerente, as diferentes dimensões relevantes para esta investigação. O primeiro bloco — Percurso profissional — tem como função contextualizar o entrevistado e criar um clima de confiança, fornecendo informação essencial sobre a sua formação, experiência e enquadramento na organização. Segue-se o bloco Atividades diárias, que permite compreender as tarefas efetivamente desempenhadas e o modo como o trabalho é organizado na prática.

Os blocos lacunas e desafios, Operação e Manutenção (O&M) e Riscos aprofundam aspetos críticos do funcionamento da organização, permitindo identificar dificuldades, perceções de risco e oportunidades de melhoria, aspetos centrais para o problema em estudo. Já o bloco Sinergias entre departamentos permite entender a articulação entre áreas internas, identificando constrangimentos na comunicação e na cooperação.

Os blocos Documentação e Procedimentos foram incluídos para analisar a existência, clareza e aplicabilidade de instrumentos formais de trabalho, permitindo verificar como a informação circula e como os colaboradores utilizam as orientações internas. Por fim, os blocos Digitalização e Plataforma digital abordam diretamente o objetivo específico desta investigação, recolhendo a perceção dos entrevistados sobre ferramentas digitais existentes, necessidades de inovação tecnológica e possíveis funcionalidades de uma plataforma digital.

Esta estrutura sequencial — do geral para o específico — segue recomendações da literatura sobre entrevistas estruturadas (Kvale & Brinkmann, 2009; Patton, 2015; Flick, 2014), garantindo clareza, consistência e comparabilidade entre participantes. Além disso, a divisão em blocos facilitou a análise posterior dos dados, permitindo agrupar respostas por temas e assegurar que todas as dimensões relevantes do fenómeno foram exploradas de forma sistemática.

Tabela 3- Guião Entrevista

Pergunta-chave	Objetivo	Questões orientadoras
Percurso profissional	- Conhecer o background do entrevistado; - Identificar conhecimentos técnicos; - Levantar a experiência profissional; - Criar empatia e colocar o entrevistado à vontade.	- Qual é a sua formação de base? - Há quantos anos atua na sua área? - Sempre trabalhou neste setor? - Há quanto tempo está nesta organização? - Pode descrever o seu percurso profissional?
Atividades diárias	- Compreender o trabalho real; - Listar atividades quotidianas.	- Pode falar um pouco sobre o seu dia a dia? - Quais são as principais atividades que realiza? - Com quem costuma interagir no seu trabalho?
Lacunas e desafios	- Identificar as principais dificuldades nas atividades desenvolvidas; - Compreender preocupações associadas à função.	- Quais são os principais desafios que encontra no seu dia a dia? - Quais são as suas principais preocupações? - Questões de segurança constituem uma preocupação para si?
Operação e manutenção (O&M)	- Analisar especificamente a área de Operação e Manutenção; - Identificar lacunas e oportunidades de melhoria.	- Como está organizada a área de O&M? - Quais são as principais lacunas identificadas? - O que considera que poderia ser melhorado?
Riscos	- Conhecer a perceção do risco por parte dos colaboradores relativamente às atividades desempenhadas.	- Quais são os principais riscos a que está exposto? - Tem consciência desses riscos? - Considera-os uma preocupação? - A empresa está preparada para lidar com eles?
Sinergias entre departamentos	- Compreender a articulação e comunicação entre departamentos; - Identificar necessidades de cooperação.	- Existem vários departamentos que trabalham simultaneamente? - Existe comunicação entre eles? - Essa comunicação é eficaz?
Documentação	- Identificar documentos de entrada e saída associados a cada atividade.	- Necessita realizar registos formais? - Quais são os principais documentos associados à sua atividade?
Procedimentos	- Avaliar a existência e clareza dos procedimentos internos; - Identificar lacunas.	- Existem procedimentos implementados? - Tem conhecimento desses procedimentos? - São fáceis de compreender? - Costuma consultá-los? - Quem os elabora? - Fazem sentido para a prática diária?
Digitalização	- Recolher a perceção sobre a criação de uma plataforma digital; - Identificar necessidades de inovação tecnológica.	- Já ouviu falar de iniciativas de digitalização? - O que considera importante digitalizar? - Que plataformas digitais já existem na empresa?

Plataforma digital	- Explorar a visão do entrevistado sobre funcionalidades úteis de uma plataforma digital; - Recolher sugestões de usabilidade.	- Se fosse criada uma plataforma digital para facilitar procedimentos, que funcionalidades deveria ter? - O que seria importante para facilitar a sua atividade? - Que ferramentas poderiam apoiar as atividades dos colegas? - Considera útil que esta plataforma permita avaliação por atividade, área ou setor? - Que tipo de ferramenta seria mais prática (app para telemóvel, tablet, computador, outro)? - Quem deveria ter acesso?
---------------------------	---	---

3.3.2 Procedimento

As entrevistas foram realizadas nos meses de junho, julho e agosto de 2025, combinando sessões presenciais nas instalações da organização e entrevistas online, através da plataforma *Microsoft Teams*, conforme a disponibilidade dos participantes. Cada sessão teve uma duração média de 30 a 45 minutos. No início de cada entrevista, foram apresentados o objetivo do estudo e as condições de participação, sendo solicitado o consentimento informado, incluindo a autorização para gravação áudio. Esta prática segue as orientações de Kvale e Brinkmann (2009), que salientam a importância de assegurar transparência e rigor ético no processo de recolha de dados. Todas as entrevistas decorreram em ambientes reservados, presenciais ou online, evitando interrupções e garantindo a privacidade dos participantes, tal como sugerido por Flick (2014) nas boas práticas da investigação qualitativa. As gravações foram utilizadas exclusivamente para permitir uma transcrição integral e rigorosa do conteúdo, procedimento também recomendado por Patton (2015).

Após a recolha dos dados, todos os ficheiros áudio foram transcritos integralmente. Para agilizar esta etapa, recorreu-se a uma ferramenta de apoio baseada em inteligência artificial, o ChatGPT (OpenAI), utilizada apenas para converter automaticamente o discurso oral em texto. As transcrições geradas foram depois revistas manualmente, assegurando a correção de eventuais imprecisões e garantindo que o conteúdo refletia fielmente as respostas dos participantes. Concluída esta fase, procedeu-se à organização e análise inicial do material transcrito, identificando temas recorrentes e segmentos relevantes para a investigação. A ferramenta de IA foi utilizada de forma complementar apenas para apoiar a sistematização preliminar de ideias, permanecendo todas as decisões sobre interpretação, categorização e análise final exclusivamente a cargo do investigador humano, de modo a garantir a consistência, o rigor e a validade científica do processo analítico.

3.3.3 Participantes

A escolha dos participantes do presente estudo baseou-se na necessidade de envolver os principais *stakeholders* que possuem conhecimento, responsabilidades e experiência essenciais para o desenvolvimento da plataforma digital. A participação desses grupos permite garantir que a solução

atenda às necessidades operacionais, legais e estratégicas da organização, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

- Departamentos de Qualidade Ambiente e Segurança (QAS).

O departamento de QAS foi selecionado devido à sua responsabilidade em assegurar que os processos e procedimentos relacionados à SST atendam aos padrões de qualidade e conformidade. A sua participação foi crucial para garantir que a plataforma digital cumpria os requisitos legais e normativos, além de fornecer conhecimento técnico de avaliação e gestão de risco. Neste estudo, participou a coordenadora de Qualidade, Ambiente e Segurança, profissional com mais de 17 anos de experiência na área, responsável pelo departamento e por toda a manutenção do sistema integrado de QAS da empresa. Participou também um técnico de Segurança responsável pela fase de obra e manutenção da empresa.

- Técnicos de Operação e Manutenção

Os técnicos de O&M foram incluídos por desempenharem papel fundamental na utilização diária da plataforma. Eles operacionalizam os procedimentos de SST e mantêm a infraestrutura de suporte, trazendo uma perspectiva prática indispensável para identificar desafios operacionais, propor melhorias na interface e garantir que as informações sobre riscos e procedimentos preventivos estejam acessíveis e compreensíveis. Participaram seis técnicos de O&M, com idades compreendidas entre 20 e 59 anos, possuindo experiências variadas na área, garantindo uma visão ampla e diversificada sobre o uso prático da plataforma.

- Gestores Projeto

Foram entrevistados dois gestores de projeto, que desempenham a função estratégica na coordenação, planeamento e supervisão das atividades de desenvolvimento das atividades de O&M.

3.4 Desenvolvimento do Protótipo

No âmbito da presente dissertação, recorreu-se à plataforma *Visily* para a prototipagem da aplicação. O *Visily* é uma ferramenta de design colaborativo orientada para a criação de protótipos de interfaces digitais de forma intuitiva, dispensando a necessidade de conhecimentos de programação. Esta característica constitui uma vantagem relevante, pois agiliza o processo de conceção e permite visualizar, de forma clara e imediata, a estrutura e o aspeto gráfico previstos para a aplicação

A escolha desta plataforma justifica-se igualmente pela sua flexibilidade na construção de interfaces gráficas, facilitando o desenvolvimento de protótipos visuais apelativos e de fácil interpretação. Assim, a ferramenta contribui diretamente para o objetivo do projeto: conceber uma aplicação intuitiva, com elementos visuais adequados e linguagem simples, favorecendo a interação por parte dos utilizadores finais.

Além disso, a adoção desta plataforma está em consonância com a necessidade de garantir eficiência no processo de prototipagem e redução de barreiras técnicas, fatores determinantes para a definição de uma solução centrada na experiência do utilizador.

Com base nos resultados da primeira etapa, iniciou-se o processo de prototipagem da aplicação através do *Visily*. A utilização desta ferramenta revelou-se estratégica, na medida em que permite a construção de representações interativas da interface e a simulação das interações previstas entre utilizadores e funcionalidades, ainda numa fase inicial do desenvolvimento.

O Visily possibilita a exploração da usabilidade e a identificação de pontos críticos em protótipos de baixa e média fidelidade, permitindo correções antecipadas e evitando custos e riscos associados a alterações posteriores (Pressman, 2014). Assim, a prototipagem assegura maior eficiência ao processo e contribui para a criação de uma solução mais próxima das expectativas do público-alvo.

Esta fase implicou também a digitalização de procedimentos anteriormente existentes em formato de papel, transformando-os em elementos visuais mais leves e de fácil interpretação.

3.5 Testes com Utilizadores

Com a versão construída, realizaram-se testes exploratórios junto de um grupo restrito de utilizadores representativos do público-alvo. O principal objetivo desta etapa consistiu em avaliar a interatividade da navegação, a clareza da linguagem utilizada e a atratividade dos elementos visuais.

A realização deste tipo de testes constitui uma prática consolidada no âmbito do design centrado no utilizador, uma vez que permite verificar em que medida os objetivos de usabilidade estão a ser efetivamente alcançados (Nielsen, 2012). Os feedbacks recolhidos nesta fase revelaram-se essenciais para orientar ajustes e aperfeiçoamentos prévios à implementação definitiva da aplicação, garantindo que o produto final responda de forma mais eficaz às expectativas do público-alvo.

4 RESULTADOS

4.1 Plataformas Digitais atuais

A análise das soluções digitais atualmente disponíveis no mercado foi realizada a partir da informação apresentada nos respectivos sites oficiais e da observação das funcionalidades disponibilizadas por cada plataforma. Foram consideradas ferramentas amplamente utilizadas em contextos de Segurança e Saúde no Trabalho, o que permitiu identificar padrões comuns e agrupá-las em três categorias principais.

O primeiro grupo corresponde às plataformas de gestão documental, como a *GDoc* e a *TDOC*. A partir das descrições e exemplos de interface apresentados pelos fornecedores, verificou-se que estas ferramentas se centram sobretudo na organização e controlo de documentação técnica, oferecendo módulos de histórico de versões, gestão de procedimentos e registos obrigatórios. Apesar da utilidade administrativa, não integram funcionalidades específicas de identificação, avaliação ou monitorização de riscos.

O segundo grupo inclui plataformas dedicadas a auditorias e inspeções digitais, como o *SafetyCulture/iAuditor*. A informação disponibilizada nestes serviços evidencia uma forte orientação para o trabalho no terreno, com funcionalidades como *checklists* digitais, recolha de fotografias, georreferenciação e registo de não conformidades. Contudo, estas soluções operam essencialmente de forma isolada e não articulam o ciclo completo de gestão de riscos.

Apresentam uma imagem limpa e interfaces intuitivas, como se pode observar na Imagem X, retirada do site da *SafetyCulture*.

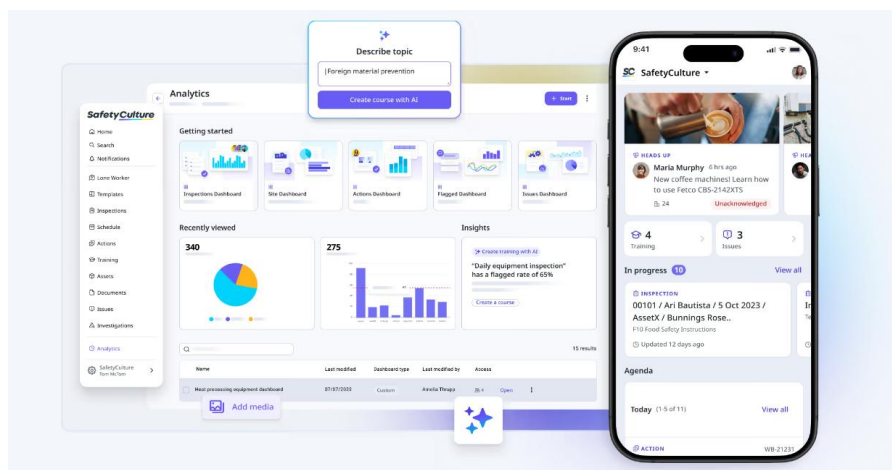


Figura 6- Plataforma Digital- *SafetyCouture*

Fonte (SafetyCouture.n.a)

Por último, identificaram-se os sistemas integrados de gestão da segurança, entre os quais se incluem o *Quentic*, *EcoOnline*, *Intelix* e *Synergi Life*. Estes serviços disponibilizam vários módulos — avaliação de riscos, incidentes, formação, auditorias, entre outros — e apresentam uma maior abrangência funcional. No entanto, a análise dos seus sites mostra que se tratam de soluções generalistas, concebidas para

múltiplos setores, o que limita a adaptação às especificidades da operação e manutenção de parques fotovoltaicos.

De forma global, os resultados mostram que, apesar da existência de várias soluções tecnológicas maduras, nenhuma oferece uma gestão de riscos integrada e direcionada para a realidade específica do setor fotovoltaico, o que reforça a pertinência do protótipo desenvolvido nesta dissertação.

4.2 Análise de contexto

A empresa em estudo desenvolve a sua atividade em várias áreas de negócio, sendo uma delas a operação e manutenção de parques solares fotovoltaicos.

Este serviço teve origem na necessidade de assegurar aos clientes um período de garantia de dois anos após a conclusão da construção dos parques solares, em conformidade com as boas práticas do sector e com o enquadramento contratual típico em projetos de engenharia. Com o tempo, e perante a crescente procura de serviços especializados, a empresa expandiu o seu portefólio, realizando atualmente atividades de manutenção em parques fotovoltaicos que não foram construídos por si.

A operação e manutenção de centrais solares fotovoltaicas assume um papel determinante na maximização da disponibilidade operacional, na prevenção de perdas de produção e na extensão da vida útil do parque. Segundo recomendações internacionais, nomeadamente da *International Electrotechnical Commission* (IEC 62446 e IEC 61724) e do *International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme* (IEA-PVPS), a implementação de programas de O&M estruturados é essencial para garantir que as instalações operam com eficiência e segurança ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Tipologia das atividades de Manutenção

As atividades de O&M podem ser classificadas em dois tipos principais:

- Manutenção preventiva – conjunto de intervenções planeadas e executadas periodicamente, com base em planos de manutenção predefinidos, destinadas a evitar falhas e assegurar o desempenho ótimo dos equipamentos. Este tipo de manutenção inclui, entre outras tarefas, inspeções visuais, limpezas, testes elétricos e verificações mecânicas.
- Manutenção corretiva – intervenções reativas, realizadas na sequência de falhas ou avarias detetadas, com o objetivo de restabelecer o funcionamento normal dos equipamentos. Pode envolver substituição de componentes, reparações urgentes e reposição de parâmetros operacionais.

Entre as atividades mais comuns encontram-se: a substituição de painéis fotovoltaicos danificados, a reparação e montagem de inversores, e a manutenção de postos de seccionamento e de transformação.

As atividades de manutenção podem ser organizadas em três categorias principais:

1. Manutenção da infraestrutura do parque

- Corte da vegetação, efetuado, em regra, duas vezes por ano (entre abril e maio, e novamente entre outubro e novembro), para prevenir riscos de incêndio e evitar o sombreamento dos módulos fotovoltaicos.
- Reparação ou substituição de vedações e inspeções visuais periódicas da área envolvente.
- Estas tarefas são, habitualmente, realizadas por empresas subcontratadas e certificadas, dado que requerem equipamentos e competências específicas para trabalhos em zonas rurais e de grande dimensão.

2. Manutenção de painéis e módulos fotovoltaicos

- Limpeza periódica, geralmente duas vezes por ano, de forma a minimizar perdas de rendimento provocadas pela acumulação de poeiras, poluição ou resíduos biológicos. Estudos indicam que a sujidade pode reduzir a produção em até 10%, dependendo das condições ambientais.
- Substituição de módulos danificados e respetivos conectores, quando detetadas falhas elétricas, mecânicas ou visuais.
- Estas intervenções podem ser realizadas por técnicos internos ou por prestadores especializados, consoante a complexidade da operação.

3. Manutenção de equipamentos elétricos principais

- Inspeções visuais, ensaios elétricos, substituição de óleos isolantes, verificações mecânicas e testes de proteções em inversores, transformadores, postos de seccionamento e de transformação.
- As intervenções seguem protocolos definidos por normas técnicas, como a IEC 60076 (transformadores) e a IEC 62109 (inversores fotovoltaicos).
- Todas estas atividades são executadas por técnicos qualificados, com formação específica e certificação para trabalhos em instalações de média tensão.

4.2.1 Organização

O departamento de O&M da empresa em análise integra-se na unidade de Serviços, encontrando-se estruturado em quatro pilares essenciais: o cliente, o gestor de contrato, a equipa operacional e as áreas transversais. A Figura 7 apresenta as inter-relações entre estes intervenientes.

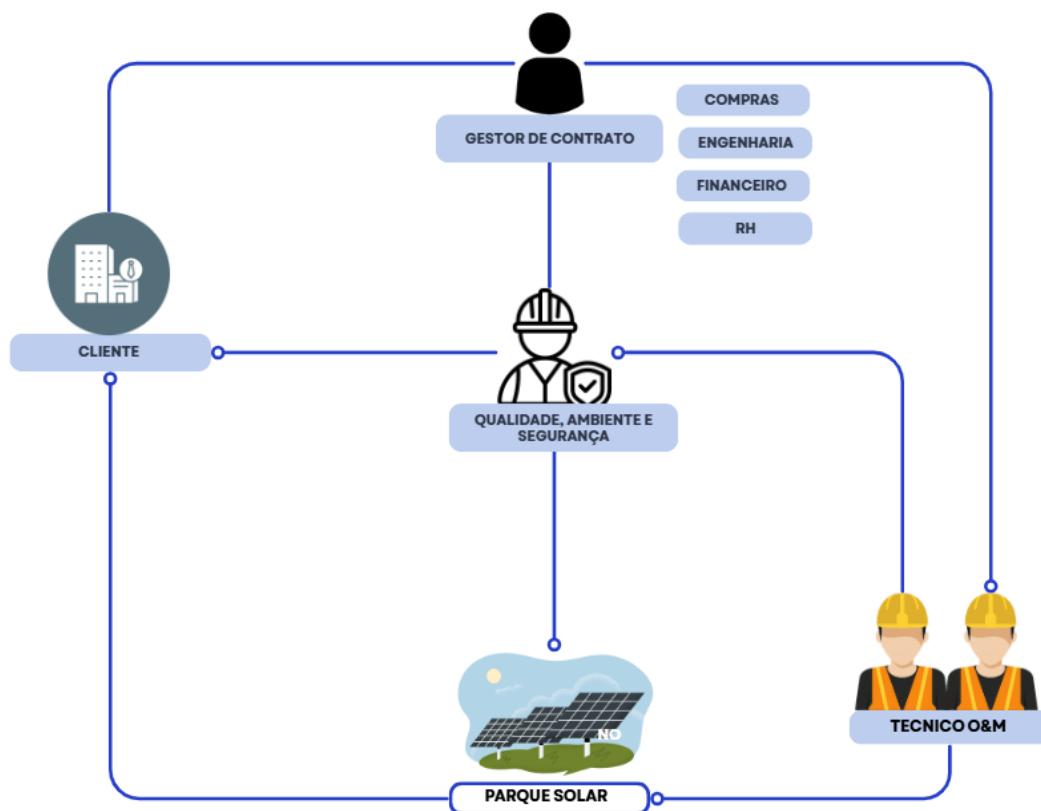


Figura 7- Interação vários interveniente

A equipa de técnicos de O&M constitui a base operacional da organização, assegurando a execução das atividades de manutenção preventiva e corretiva nos parques solares. A sua atuação desenvolve-se segundo duas orientações principais: por um lado, as instruções transmitidas pelo Gestor de Contrato, que garante o alinhamento das intervenções com os objetivos do cliente e com os requisitos definidos contratualmente; por outro, as orientações do Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS), responsáveis por assegurar o cumprimento das normas aplicáveis em matéria de segurança, qualidade e sustentabilidade. Em determinadas situações, a comunicação entre estas entidades é mediada pelo próprio Gestor de Contrato.

O Gestor de Contrato é responsável por assegurar o cumprimento integral das obrigações contratuais, legais e normativas, funcionando como o principal ponto de contacto entre a empresa e o cliente. Para além da supervisão direta das equipas de manutenção, depende do apoio das áreas transversais — nomeadamente compras, recursos humanos, financeiro e engenharia — que se revelam essenciais para garantir a execução plena dos compromissos assumidos.

O Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança desempenha uma função transversal, assegurando que a operação decorre em conformidade com os requisitos legais e regulamentares. Para além de apoiar internamente a empresa, responde também a solicitações diretas do cliente, sobretudo através da produção de relatórios técnicos de desempenho ambiental, segurança e sustentabilidade, os quais nem sempre exigem mediação do Gestor de Contrato.

O cliente mantém uma relação próxima com a operação dos parques solares, tendo como prioridade a maximização da produção e da rentabilidade. Nos últimos anos, tem-se verificado uma crescente valorização das dimensões associadas à qualidade, ao ambiente e à segurança, bem como das implicações reputacionais e de responsabilidade social, que passam a integrar de forma mais explícita a sua avaliação de desempenho.

No conjunto, estes quatro intervenientes mantêm uma comunicação permanente e articulada, assegurando a coordenação das diferentes responsabilidades e contribuindo para um desempenho operacional mais robusto, consistente e sustentável.

Tabela 4 - Principais intervenientes e responsabilidades no processo de O&M

Interveniente	Responsabilidades principais	Relação com os demais	Exigências específicas / Tarefas
Cliente	Maximização da produção e rentabilidade; acompanhamento de indicadores de QAS	Comunicação direta com o Gestor de Contrato e, em determinadas situações, com o QAS	Cumprimento dos objetivos de produção, requisitos de sustentabilidade e reporte de desempenho
Gestor de Contrato	Cumprimento das obrigações contratuais, legais e normativas; supervisão da equipa técnica	Principal interlocutor entre cliente e empresa; coordena técnicos de O&M e áreas transversais	Garantir o alinhamento estratégico com o cliente; assegurar conformidade contratual e regulatória
Equipa Técnica de O&M	Execução da manutenção preventiva e corretiva nos parques solares	Subordinada ao Gestor de Contrato e orientada tecnicamente pelo QAS	Elaborar relatórios de manutenção; assegurar conformidade técnica e de segurança; reportar incidentes operacionais
Departamento de QAS	Garantia da conformidade legal, normativa e regulatória em matéria de qualidade, ambiente e segurança	Relação transversal com todos os intervenientes; comunicação direta com o cliente em relatórios	Produzir relatórios de desempenho ambiental, segurança e sustentabilidade; assegurar cumprimento de normas e certificações

4.3 Entrevistas

No total, foram realizadas e analisadas dez entrevistas, o que permitiu obter uma compreensão abrangente das principais necessidades, constrangimentos e desafios identificados pelos diferentes intervenientes no

âmbito da operação e manutenção de parques solares fotovoltaicos. As respostas recolhidas abrangeram diversas dimensões consideradas fundamentais para o presente estudo.

4.3.1 Perfil dos entrevistados

Para enquadrar o perfil dos participantes, apresenta-se na Tabela 5 a caracterização dos entrevistados segundo a função desempenhada, a faixa etária, o tempo de experiência na função e o grau de escolaridade.

A amostra integra profissionais de diferentes níveis hierárquicos e áreas funcionais, desde funções de gestão e coordenação até atividades operacionais. Esta diversidade contribui para uma visão mais completa e realista da organização, permitindo analisar práticas e perceções relacionadas com a segurança, a qualidade e a digitalização em contextos profissionais distintos.

Tabela 5- Perfil Entrevistados

Função	Nº de Entrevistados	Faixa Etária (anos)	Tempo de Experiência na Função	Grau de Escolaridade
Gestor de Contrato	2	34 – 42	2 – 4 anos	Superior
Coordenadora QAS	1	42	17 anos	Superior
Técnico de Segurança	1	47	11 anos	Superior
Técnicos de O&M	6	20 – 59	1 – 40 anos	Básico - Secundário

Da análise da amostra, conclui-se que os gestores de contrato, a coordenadora de QAS e o técnico de segurança possuem formação superior e vários anos de experiência, o que lhes proporciona uma visão mais estratégica dos processos e da importância da integração da segurança na gestão global. Já os técnicos de operação e manutenção apresentam uma amplitude etária significativa, níveis de escolaridade entre o básico e o secundário e tempos de experiência muito variados, de um a quarenta anos.

A heterogeneidade observada reforça a pertinência da amostra, proporcionando uma compreensão mais completa e contextualizada da realidade organizacional, tanto ao nível da execução das tarefas como das perceções sobre o impacto da digitalização no quotidiano de trabalho.

4.3.2 Sinergias e formas de comunicação

As entrevistas evidenciaram uma forte sinergia entre os vários intervenientes, revelando uma articulação constante das atividades e responsabilidades.

Apesar disso, metade dos entrevistados identificou falhas na comunicação interna, sobretudo na transmissão de informação entre as equipas de gestão de projeto em obra e as equipas de O&M. Estas

falhas traduzem-se, principalmente, em perda de informação operacional relevante e em dificuldades na coordenação das intervenções no terreno.

4.3.3 Documentação

Durante as entrevistas realizadas no âmbito deste estudo, foi possível identificar um conjunto de desafios relacionados com a gestão documental e o fluxo de informação nos diferentes níveis hierárquicos da organização.

O departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança, bem como os gestores de contrato, referiram a existência de uma elevada carga de relatórios e documentos diários a preencher, destacando que este volume de trabalho administrativo representa uma sobrecarga significativa nas suas atividades.

Por outro lado, os técnicos reconheceram que, em diversas situações, os documentos não são preenchidos diretamente por eles ou não refletem integralmente as expectativas e os requisitos estabelecidos. Este facto está frequentemente associado à falta de tempo, à duplicação de tarefas e à ausência de ferramentas digitais integradas que simplifiquem e centralizem o registo da informação.

De forma mais específica, os técnicos de manutenção são responsáveis pelo preenchimento de relatórios de manutenção preventiva e corretiva, pelo registo de medições realizadas e pela comunicação de incidentes. Já os técnicos de segurança têm de realizar avaliações de risco, elaborar relatórios para os clientes, registar incidentes e acidentes e produzir documentação associada à gestão da segurança.

Os gestores de contrato, por sua vez, elaboram relatórios periódicos destinados aos clientes, bem como relatórios internos de acompanhamento e desempenho, necessários para a monitorização das atividades e o cumprimento de indicadores de qualidade e segurança.

As práticas correntes mencionadas pelos intervenientes encontram-se representadas na Figura 8.

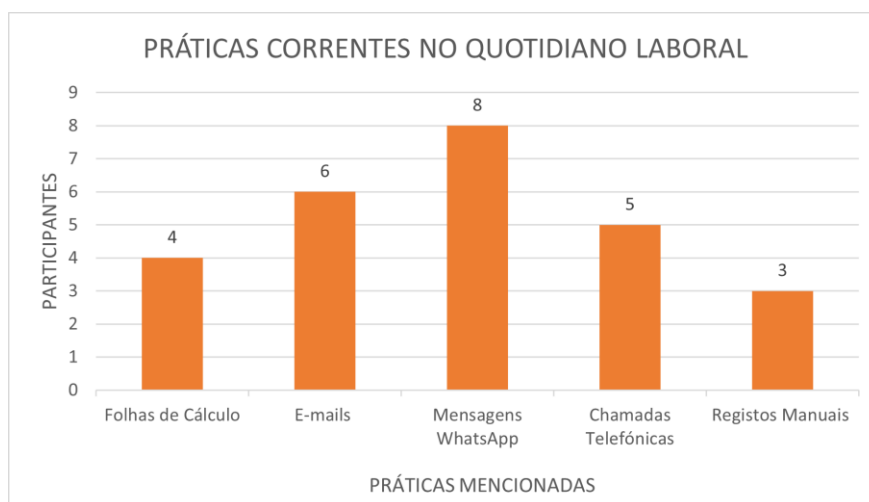


Figura 8- Práticas recorrentes

De forma transversal, todos os intervenientes reconheceram que a atual metodologia de trabalho — fortemente dependente de folhas de cálculo, e-mails, trocas de mensagens via aplicações informais (como

o WhatsApp) e registros manuais — já não responde às exigências crescentes de controlo, rastreabilidade e eficiência.

4.3.4 Digitalização

A digitalização foi associada, de forma quase unânime, à simplificação de tarefas, à redução do uso de papel, ao acesso rápido à informação e à melhoria do processo de tomada de decisão.

Alguns entrevistados destacaram:

- “A transformação digital representa um salto importante, porque deixa de haver versões paralelas da mesma informação.” — Gestora de Contrato
- “A digitalização é essencial para ligar o campo à gestão, permitindo decisões mais rápidas e baseadas em dados.” — Gestor de Contrato

As dimensões mais associadas à digitalização foram:

- simplificação e redução de tarefas administrativas;
- facilidade no acesso e atualização da informação;
- melhoria da coordenação entre equipas;
- aumento da rastreabilidade e controlo das atividades.

A digitalização é percecionada não apenas como inovação tecnológica, mas como um instrumento de profissionalização e integração dos procedimentos.

Para complementar as perceções recolhidas durante as entrevistas, procedeu-se à sistematização das melhorias associadas à digitalização referidas pelos participantes. A Figura 9 apresenta a distribuição das respostas, permitindo identificar as dimensões onde a digitalização é percebida como mais relevante no contexto da operação e manutenção dos parques fotovoltaicos.

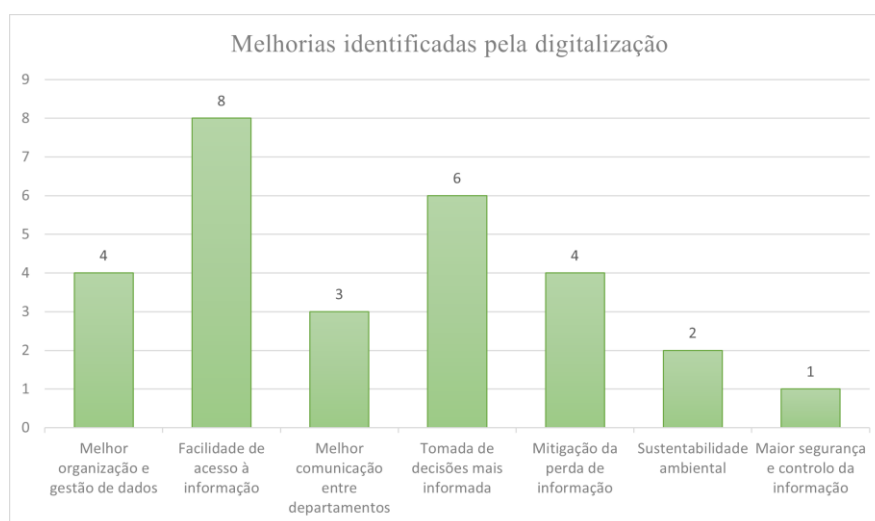


Figura 9- Melhorias Identificadas pela Digitalização

A análise do gráfico evidencia que a facilidade de acesso à informação (8 menções) e a tomada de decisões mais informada (6 menções) surgem como os benefícios mais valorizados. A melhoria da

organização e gestão de dados (4 menções) e a mitigação da perda de informação (4 menções) refletem igualmente preocupações recorrentes ligadas à dispersão documental e à falta de centralização dos registos.

Embora com menor expressão, dimensões como a sustentabilidade ambiental (2 menções) e o aumento da segurança e do controlo da informação (1 menção) demonstram uma consciência crescente sobre os impactos indiretos da digitalização no desempenho operacional.

De um modo geral, a digitalização é vista não apenas como inovação tecnológica, mas como instrumento de integração e profissionalização dos procedimentos.

4.3.5 Especificidades dos parques (procedimentos)

Foi igualmente destacado que cada parque fotovoltaico apresenta características técnicas e operacionais distintas, influenciando diretamente os processos de manutenção, segurança e gestão de risco.

Diferenças na extensão dos terrenos, declives, tipos de estruturas de suporte, inversores e sistemas de monitorização obrigam à adoção de procedimentos diferenciados e metodologias de registo próprias. Segundo o Departamento de QAS, esta diversidade cria desafios acrescidos à avaliação de riscos.

“Há parques planos e parques com grandes declives; há zonas onde o acesso é simples e outras em que é necessário mais cuidado (...). Isto muda completamente o tipo de risco e a forma de o avaliar.” (Coordenadora QAS).

O departamento QAS foi particularmente enfático ao defender a criação de um histórico de risco interativo por parque, que permita associar as características físicas e técnicas de cada instalação às suas avaliações de risco específicas.

“A avaliação de risco deve ser dinâmica e adaptada a cada realidade. Um parque com declive acentuado não tem o mesmo risco que um em terreno plano. E devíamos conseguir oferecer uma avaliação de riscos mais específica (...) o ideal é haver uma forma que fosse até uma atualização automática.” (Técnico QAS).

4.3.6 Expectativas das partes interessadas

O Departamento de QAS destacou, em particular, a relevância de otimizar os procedimentos internos, sublinhando a necessidade de ferramentas que reforcem o acompanhamento das atividades, a prevenção de acidentes e a comunicação de incidentes, garantindo uma sistematização mais rigorosa da informação.

Por sua vez, os gestores de contrato e de projeto salientaram a importância de uma plataforma alinhada com os requisitos legais e normativos, mas simultaneamente intuitiva e prática, que facilite a emissão digital de relatórios, reduza redundâncias e diminua o tempo de resposta.

Os técnicos de O&M reforçaram a necessidade de centralizar e organizar todos os registos operacionais, assegurando acesso rápido à informação relevante para a execução das tarefas. Esta preocupação

evidencia não só a procura por maior eficiência, mas também a consciência de que os fluxos de informação atualmente utilizados não garantem níveis adequados de rastreabilidade, precisão e controlo.

Para sintetizar de forma clara os contributos recolhidos ao longo das entrevistas, e permitir uma leitura comparada entre as diferentes áreas funcionais, apresenta-se de seguida a Tabela 6, que reúne os principais pontos mencionados pelos participantes, bem como o número de menções e as respetivas citações ilustrativas.

Tabela 6- Principais Contributos Entrevistas

Categoria	Pontos levantados	Nº de Menções	Citação ilustrativa	Identificação do participante
Digitalização	Plataforma simples e intuitiva	10	“O importante é que seja rápido e fácil de usar.”	Técnico O&M
	Disponibilidade em dispositivos móveis	7	“No terreno o telemóvel é o que está sempre à mão.”	Técnico O&M
	Utilizador único com responsabilidades claras	6	“Cada pessoa deve ter o seu acesso e as suas tarefas identificadas.”	Gestor de Contrato
Gestão do risco / Segurança	Planeamento e gestão eficaz das atividades	4	“Precisamos de saber as atividades que estão a acontecer (...).”	Coordenadora QAS
	Avaliação de riscos por parque ou atividade	8	“Os riscos mudam completamente de parque para parque.”	Coordenadora QAS
	Comunicação clara dos riscos reais	2	“Por vezes a informação não chega à equipa que está no terreno.”	Técnico QAS
	Registo de incidentes e acidentes	7	“Ainda registamos incidentes por e-mail... e perde-se histórico.”	Gestora de Contrato
	Emissão de autorizações de trabalho	5	“Seria útil emitir autorizações sem depender de folhas impressas.”	Técnico QAS
Gestão documental	Emissão de alertas personalizados	3	“Alertas automáticos ajudariam a cumprir prazos.”	Coordenadora QAS
	Histórico estruturado de manutenções	5	“É essencial ver rapidamente o que já foi feito.”	Gestor de Contrato
	Relatórios em tempo real com fotografias	6	“Carregar fotos logo ali seria uma grande ajuda.”	Técnico O&M
	Cumprimento de requisitos legais e contratuais	4	“Os clientes exigem tudo documentado e atualizado.”	Gestor de Contrato
	Redução do consumo de papel	3	“Ainda se imprime demasiado.”	Gestor de Contrato

A análise global das entrevistas revela padrões consistentes entre os diferentes perfis profissionais. A digitalização surge como o tema mais transversal, com destaque para a necessidade de uma plataforma simples, intuitiva e acessível em dispositivos móveis, refletindo a procura por maior agilidade e redução de tarefas administrativas.

A área de gestão do risco e segurança foi especialmente valorizada pelo departamento QAS, evidenciando a necessidade de avaliações de risco adaptadas às características de cada parque e de sistemas que assegurem comunicação eficaz e registos consistentes de incidentes.

Na gestão documental, gestores e técnicos identificaram dificuldades relacionadas com a dispersão de informação e a elevada carga administrativa. A possibilidade de gerar relatórios em tempo real e de aceder a históricos estruturados foi amplamente referida como prioridade.

Por fim, os profissionais de O&M destacaram necessidades práticas ligadas ao acesso rápido a documentos, à organização das tarefas e à simplificação do processo de registo de atividades.

De forma geral, os resultados convergem em três eixos centrais:

- Centralização e integração da informação
- Melhoria da comunicação interna
- Aumento da rastreabilidade e do controlo operacional

Estes elementos reforçam a pertinência de desenvolver uma plataforma digital integrada, ajustada às necessidades reais das equipas e à complexidade dos parques fotovoltaicos.

4.4 Desenvolvimento do Protótipo

A definição da plataforma digital proposta resulta da convergência de três fontes principais de análise: a revisão científica realizada, o estudo das plataformas atualmente utilizadas no setor e a informação recolhida nas entrevistas conduzidas junto dos profissionais envolvidos na operação e manutenção dos parques solares fotovoltaicos. Este processo permitiu compreender, de forma integrada com a evidência teórica, como as práticas de mercado e a realidade operacional se articulam, identificando lacunas comuns e necessidades que permanecem sem resposta nas soluções existentes.

A revisão da literatura, composta por 21 artigos selecionados, evidenciou de forma consistente a crescente relevância das tecnologias digitais para a gestão de riscos, para o controlo de processos operacionais e para a melhoria dos sistemas de Segurança e Saúde no Trabalho. Destacaram-se, de forma recorrente, a importância da rastreabilidade, da integração de informação, do acesso móvel e da utilização de plataformas com capacidade para reduzir erros humanos e uniformizar procedimentos. Complementarmente, a análise das plataformas atualmente disponíveis permitiu identificar limitações significativas, tais como a fragmentação funcional, a insuficiente adaptação aos contextos de O&M fotovoltaico e a ausência de módulos orientados para a avaliação dinâmica dos riscos específicos de cada parque.

As entrevistas realizadas com técnicos de O&M, gestores de contrato, responsáveis de QAS e técnicos de segurança confirmaram estas evidências. Os participantes destacaram necessidades concretas relacionadas com a gestão documental, o planeamento das atividades, a comunicação interna, a atualização de informação crítica e, sobretudo, a avaliação e controlo dos riscos operacionais. A digitalização surgiu como um elemento central, reconhecida como essencial para assegurar maior eficiência, rigor e rastreabilidade dos processos. No entanto, ficou igualmente claro que as ferramentas atualmente utilizadas não respondem integralmente às exigências do setor.

Deste modo, a configuração da plataforma digital proposta foi orientada por três eixos complementares de requisitos:

- **Requisitos legais e normativos**, decorrentes do enquadramento aplicável às áreas da Qualidade, Ambiente e Segurança e das obrigações contratuais e regulatórias associadas à operação e manutenção de parques fotovoltaicos. Estes requisitos asseguram que a solução cumpre integralmente os princípios de rastreabilidade, comunicação, registo e controlo determinados pela legislação nacional e internacional.
- **Requisitos operacionais e funcionais identificados pelos colaboradores**, expressos durante as entrevistas, que traduzem necessidades práticas relacionadas com a organização do trabalho, a segurança das operações, a simplificação de tarefas administrativas, a fiabilidade da informação e os constrangimentos vivenciados no terreno.
- **Requisitos analíticos e estruturais definidos enquanto investigadora**, resultantes da triangulação entre literatura, práticas de mercado e observações recolhidas no trabalho de campo. Estes requisitos refletem a necessidade de garantir coerência, escalabilidade, integração de processos e alinhamento com princípios de melhoria contínua e de gestão do risco.

Assim, a plataforma aqui proposta assenta numa base multidimensional: está sustentada pela evidência científica, fundamentada pelas práticas de mercado e ajustada às necessidades reais dos profissionais envolvidos na gestão e operação dos parques solares. Tabela 7, sintetiza esta análise, apresentando as funcionalidades consideradas essenciais e a sua relação com os requisitos legais, operacionais e científicos que orientaram a sua definição.

Tabela 7 -Funcionalidades da Plataforma

Funcionalidade da Plataforma	Requisito Legal / Normativo	Necessidade Identificada nas Entrevistas	Benefícios Esperados	Base Legal / Artigo + Transcrição Resumida
Consulta de dados pessoais	Regulamento Geral de Proteção de dados (Regulamento (UE) n.º 679/2016, de 27 de Abril)	Acesso fácil e imediato aos próprios dados	Autonomia; menos dependência administrativa	RGPD Art. 15.º — direito de acesso
Consulta de comunicações obrigatórias	Lei 102/2009; ISO 45001:2018	Comunicação dispersa; falhas entre equipas; informação que chega tarde ou por canais informais (e-mail/WhatsApp)	Informação centralizada e atualizada; melhoria da coordenação; redução de erros operacionais	Lei 102/2009, Art. 18.º — o empregador deve garantir “mecanismos eficazes de informação e comunicação” em matéria de segurança e saúde no trabalho; ISO 45001, 7.4 — a organização deve assegurar processos de comunicação interna eficazes e documentados.
Consulta de formações e competências (aptidão profissional)	Lei 102/2009; ISO 45001:2018	Saber para quais tarefas estão autorizados e tecnicamente aptos; verificar validade de formações obrigatórias	Segurança reforçada; garantia de que apenas trabalhadores competentes executam tarefas de risco; conformidade legal	Lei 102/2009, Art. 20.º e 21.º — o empregador deve assegurar que o trabalhador recebe formação adequada e que apenas executa tarefas para as quais se encontra “formado e apto”; ISO 45001, secção 7.2 (Competência) — a organização deve determinar as competências necessárias, assegurar formação e manter registos atualizados das qualificações e aptidões.
KPIs automáticos de produtividade	ISO 9001	Congregar tudo num único local	Suporte à decisão; aumento da transparência; melhoria contínua dos processos; identificação de desvios e oportunidades de otimização	ISO 9001 — Secção 9.1 (Monitorização, medição, análise e avaliação): a organização deve “determinar o que necessita de monitorizar e medir”, bem como “avaliar o desempenho e a eficácia do sistema”, mantendo registos e analisando resultados para melhoria contínua.

Planeamento mensal e diário	Boas práticas O&M	Planeamento disperso entre e-mail, papel e mensagens; duplicação de tarefas; ausência de visão integrada das atividades em curso	Melhor organização operacional; maior eficiência; redução de erros e sobreposições; coordenação das equipas	EC 62446 — Requisitos de documentação, registos e manutenção para sistemas fotovoltaicos: estabelece necessidade de organização estruturada de atividades e registos. DNV-GL Recommended Practices para O&M fotovoltaico: recomenda planeamento sistemático, calendarização e rastreabilidade contínua das tarefas como boas práticas essenciais para garantir fiabilidade operacional.
Área pessoal com tarefas e permissões	ISO 45001:2018	Necessidade de saber claramente quais tarefas estão atribuídas, quem tem acesso a quê e que responsabilidades cabem a cada função; evitar sobreposição de funções ou execução por pessoas não autorizadas	Redução de erros operacionais; maior rastreabilidade e controlo sobre execução de tarefas; definição clara de responsabilidades; melhoria da coordenação interna	ISO 45001 — Secção 8.1 (Controlo Operacional): a organização deve “estabelecer, implementar e manter critérios” para a execução das atividades e assegurar que estas são realizadas por pessoas competentes e autorizadas, garantindo controlo documentado sobre responsabilidades, processos e acessos.
Registo e solitação de EPIs	Lei n.º 102/2009; Diretiva 89/656/CEE; ISO 45001:2018	Falta de controlo sobre stock e distribuição de EPIs; dificuldades em solicitar equipamentos; ausência de evidências formais sobre entrega e uso; pedidos realizados por WhatsApp ou verbalmente.	Garantia de disponibilidade de EPIs; rastreabilidade das solicitações e entregas; redução de falhas de segurança; melhoria do controlo de stock; preparação para auditorias internas e externas	Lei 102/2009, Art. 15.º: obriga o empregador a fornecer EPIs adequados e garantir o seu uso correto; Art. 15.º-A: o empregador deve assegurar que os EPIs estão “em boas condições de funcionamento” e disponíveis; Diretiva 89/656/CEE: impõe requisitos de seleção, disponibilização e controlo de EPIs; ISO 45001 — 8.1 (Controlo Operacional): exige que a organização assegure meios adequados e controlados para prevenir lesões e garantir segurança operacional.
Registo de atividades mensais	ISO 9001; contratos de O&M; boas práticas de manutenção	Perda de informação devido a registos dispersos (papel, e-mail, WhatsApp); dificuldade em aceder ao histórico;	Histórico estruturado e centralizado; maior rastreabilidade; facilidade em auditorias; alinhamento entre tarefas	ISO 9001 — Secção 7.5 (Informação documentada): a organização deve “criar e manter informação documentada” que evidencie a

		inconsistência entre o que é executado e o que é reportado	planeadas e executadas; suporte ao <i>reporting</i> a clientes	execução das atividades e permita rastrear operações; Secção 9.1: a organização deve manter registos que permitam monitorizar e avaliar o desempenho; Contratos de O&M: exigem registos mensais que comprovem execução de manutenção preventiva e corretiva, geralmente auditáveis pelos clientes.
Fichas descritivas dos parques	Boas práticas de O&M; IEC 62446; normas internacionais para sistemas fotovoltaicos	Dificuldade em aceder rapidamente à informação técnica de cada parque (extensão, inclinação, tipo de inversores, estrutura, acessos, riscos específicos); falta de uniformidade entre parques	Melhor conhecimento dos ativos; rapidez na preparação de operações; aumento da segurança; menor dependência de documentos dispersos; apoio à avaliação de riscos específica por parque	IEC 62446 — Requisitos de documentação técnica para sistemas fotovoltaicos: determina que cada instalação deve possuir documentação completa e atualizada sobre características técnicas, layout, equipamentos e condições específicas do local; Boas práticas O&M (DNV-GL, IEA-PVPS): recomendam a existência de fichas técnicas por parque para garantir consistência, segurança e eficiência nas operações.
Histórico de manutenção (preventiva e corretiva)	DL 162/2019; ISO 45001:2018; Contratos de O&M; IEC 62446	Registos de manutenção dispersos (papel, e-mail, pastas locais); dificuldade em recuperar histórico; ausência de evidências completas para auditorias e clientes	Rastreabilidade total das operações; melhoria da fiabilidade dos equipamentos; suporte à tomada de decisão; cumprimento contratual; facilidade em auditorias; redução de falhas por falta de histórico	DL 162/2019 — Art. 8.º: obriga ao registo e manutenção de informação relativa à operação e manutenção das instalações elétricas e fotovoltaicas; ISO 9001 — 7.5 (Informação documentada): exige registos sistemáticos da execução de atividades e manutenção; IEC 62446: estabelece que os sistemas fotovoltaicos devem possuir documentação completa sobre manutenção preventiva e corretiva, incluindo datas, responsabilidades e evidências.

Alertas automáticos (prazos, riscos, documentos)	ISO 45001:2018 ; Lei 102/2009; ISO 9001	Informação chega tarde; falhas na comunicação interna; atrasos na entrega de documentos; incumprimento de prazos legais e contratuais	Prevenção de falhas críticas; melhoria da comunicação; maior conformidade legal; redução de erros humanos; rastreabilidade das notificações	ISO 45001 — 7.4 (Comunicação): exige que a organização assegure “ <i>informação atempada, clara e fíavel</i> ” entre níveis e funções; Lei 102/2009, Art. 18.º: estabelece a obrigação de garantir comunicação eficaz sobre riscos e medidas preventivas; ISO 9001 — 7.5 (Informação Documentada): requer controlo sobre prazos, atualizações e distribuição de documentos.
Avaliação de riscos por parque (dinâmica e específica às características físicas e técnicas de cada instalação)	Lei 102/2009; ISO 45001:2018 Diretivas europeias de SST	Cada parque apresenta riscos totalmente distintos (declives, acessos, equipamentos, inversores, vegetação, estruturas de suporte); avaliações genéricas não representam a realidade operacional; dificuldade em atualizar e comunicar riscos	Análise ajustada à realidade; maior segurança; prevenção de acidentes; melhor comunicação dos riscos; cumprimento legal; atualização contínua.	Lei 102/2009 — Art. 15.º: obriga o empregador a garantir “ <i>a avaliação de todos os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores</i> ”; Art. 18.º: exige que os riscos sejam “ <i>revistos sempre que existam alterações nas condições de trabalho</i> ” — o que inclui diferenças entre parques; ISO 45001 — 6.1: determina que a identificação de perigos deve considerar as condições específicas do local , devendo ser atualizada sempre que existam mudanças materiais no ambiente de trabalho.
Procedimentos de trabalho digitais, atualizados e centralizados (versão única)		Procedimentos difíceis de localizar; versões diferentes em circulação; falta de uniformidade nas práticas; trabalhadores no terreno sem acesso aos documentos	Redução de erros; aumento da segurança; uniformização operacional; cumprimento normativo; acesso rápido no terreno; melhor controlo documental	ISO 45001 — 7.5: exige controlo de <i>informação documentada</i> , incluindo procedimentos atualizados, acessíveis e com gestão de versões; ISO 45001 — 8.1: determina que a organização implemente controlo operacional baseado em procedimentos documentados para atividades de risco; ISO 9001 — 7.5: exige que a documentação esteja <i>disponível onde necessário</i> e atualizada;

				Lei 102/2009 — Art. 15.º: obriga o empregador a implementar <i>medidas organizacionais</i> e instruções adequadas ao trabalho seguro.
Formulário digital de incidentes/acidentes	Lei 102/2009; ACT; ISO 45001:2018	Reportes efetuados por WhatsApp/e-mail; perda de informação; registos incompletos; ausência de um histórico consolidado; dificuldade em analisar tendências e prevenção	Histórico completo e integrado; rastreabilidade total; melhoria da prevenção; cumprimento legal; facilidade em auditorias; eliminação de reportes informais	Lei 102/2009 — Art. 111.º: obriga ao “ <i>registo e comunicação de acidentes de trabalho</i> ”, devendo existir documentação formal disponível; Art. 15.º: exige medidas de prevenção baseadas em evidência, implicando o registo dos incidentes; ISO 45001 — 10.2: determina que incidentes devem ser documentados, analisados e guardados como informação registada; ACT: exige registos formais e acessíveis para inspeção.
Autorizações de Trabalho digitais (AT)	Lei 102/2009 (SST); ISO 45001:2018; Boas práticas de Segurança em tarefas críticas	Atrasos devido ao uso de papel; perda de documentos; autorizações não uniformes; falta de evidência formal de controlo prévio; dificuldade em comprovar que a tarefa foi analisada e aprovada	Maior controlo e rastreabilidade sobre tarefas críticas; garantia de que a tarefa foi analisada antes da execução; redução do risco; comunicação clara das medidas preventivas; menos erros; evidência auditável	Lei 102/2009 — Art. 15.º: empregador deve assegurar “ <i>medidas adequadas de prevenção</i> ” antes da execução de tarefas com risco; Art. 18.º: impõe “ <i>comunicação eficaz das condições de segurança</i> ”; ISO 45001 — 8.1.2: exige controlo operacional para atividades perigosas, com documentação prévia e critérios definidos; Boas práticas de SST (energia/indústria): recomendam AT para trabalho em altura, trabalhos elétricos, espaços confinados, escavações e outras tarefas de risco.
Relatórios de visita automáticos (com fotografias, evidências e exportação)	ISO 9001; requisitos contratuais de O&M; ISO 45001:2018	Elevada carga administrativa; necessidade de preencher relatórios manuais; duplicação de tarefas; atrasos	Eficiência no reporte; redução de tempo administrativo; registos imediatos e consistentes; melhor	ISO 9001 — 7.5: exige que a organização mantenha “informação documentada” adequada, atualizada e controlada;

imediate)	(informação registrada)	na entrega ao cliente; falta de uniformidade	comunicação com clientes; maior rastreabilidade	ISO 45001 — 7.5: determina que evidências de verificações e inspeções devem ser mantidas como registros; Contratos de O&M: exigem relatórios formais de visita para prova de execução e garantia de conformidade.
Acesso digital a procedimentos internos	ISO 9001; ISO 45001:2018; contratos e auditorias internas	Perda de tempo a procurar documentos; múltiplas versões em circulação; falta de acesso no terreno; inconsistência entre equipas	Redução de erros; maior consistência nos métodos de trabalho; acesso imediato; cumprimento de normas; uniformização operacional; suporte às auditorias	ISO 9001 — 7.5 (Informação documentada): exige que a organização assegure <i>controlo de versões, acesso adequado e disponibilidade</i> dos procedimentos; ISO 45001 — 7.5: determina que documentos relacionados com controlo operacional e segurança devem estar disponíveis, atualizados e acessíveis aos trabalhadores; Auditorias e requisitos contratuais: exigem evidência documental consistente e acessível.
Gestão de calibrações de equipamentos (alertas de validade, registos de certificados, histórico de calibrações)	ISO 9001; contratos O&M; requisitos de qualidade e inspeção técnica	Equipamentos e instrumentos utilizados em medições (multímetros, pinças amperimétricas, sensores, analisadores) fora de validade; perda de certificados; dificuldades em comprovar conformidade durante auditorias	Garantia de precisão técnica; conformidade metrológica; redução de erros; melhoria da fiabilidade das medições; facilidade em auditorias internas e externas	ISO 9001 — 7.1.5 (Recursos de monitorização e medição): exige que os instrumentos sejam “ <i>calibrados ou verificados a intervalos especificados</i> ”, devendo existir registos, certificados e rastreabilidade metrológica ; 7.1.5.2: determina que a organização deve assegurar que os instrumentos “ sejam protegidos contra ajustes que possam invalidar os resultados de medição ” e que a informação de calibração esteja <i>documentada e disponível</i> ; Contratos de O&M: exigem frequentemente prova de calibração atualizada.
Gestão da FAM (Ficha de	Lei 102/2009 (SST);	Saber rapidamente se os trabalhadores	Conformidade legal; reforço da	Lei 102/2009 — Art. 108.º: estabelece que os

Aptidão Médica)	Regulamento da Medicina do Trabalho; ISO 45001:2018	têm FAM válida; dificuldade em localizar documentos; risco de trabalhadores em tarefas críticas sem aptidão atualizada	segurança; redução de não conformidades em auditoria; prevenção de atribuição de tarefas incompatíveis com a aptidão; facilidade de controle	trabalhadores devem estar sujeitos a vigilância da saúde , devendo existir registos atualizados e acessíveis; Art. 109.º: determina que o médico do trabalho deve emitir uma ficha de aptidão , que deve ser disponibilizada ao empregador; ISO 45001 — 7.2 e 7.5: exigem que a organização assegure competência e aptidão , mantendo registos documentados sobre a adequação dos trabalhadores às tarefas.
Banco de dados digital com Fichas de Dados de Segurança (FDS) atualizadas e acessíveis	Regulamento REACH (CE) n.º 1907/2006; CLP (CE) n.º 1272/2008; Lei 102/2009; ISO 45001	Fichas de segurança dispersas; dificuldade em localizar informações sobre perigos químicos; produtos usados no terreno sem informação pronta; necessidade de consulta rápida durante trabalhos críticos	Acesso imediato às FDS; melhor resposta a emergências; maior segurança química; conformidade legal; redução de erros na manipulação de produtos; apoio a avaliação de riscos	REACH — Art. 31.º: obriga o fornecedor a disponibilizar Fichas de Dados de Segurança “ <i>de forma gratuita e atualizada</i> ” para qualquer substância ou mistura perigosa; CLP — Art. 4.º e 17.º: exige rotulagem e informação sobre perigos conforme a FDS; Lei 102/2009 — Art. 15.º: exige medidas de prevenção que incluem informação adequada sobre agentes químicos perigosos ; ISO 45001 — 7.4: requer “ <i>comunicação eficaz das informações de SST, incluindo perigos químicos e instruções associadas</i> ”.

4.5 Proposta de Plataforma

A plataforma digital resulta diretamente das necessidades identificadas no estudo empírico e dos requisitos legais e normativos aplicáveis à operação e manutenção de parques solares fotovoltaicos. Como se verificou na análise anterior, os desafios associados à gestão documental, à comunicação interna, ao planeamento e ao controlo operacional evidenciam a pertinência de uma solução digital integrada, capaz de acompanhar a complexidade crescente das operações.

Para além deste enquadramento técnico, a plataforma foi concebida com um princípio estruturante: integrar a gestão do risco em todas as etapas do processo de trabalho. Isto significa que a segurança deixa de estar associada apenas ao momento da avaliação de riscos ou ao reporte de incidentes, e passa a fazer parte do planeamento das tarefas, da definição de procedimentos, da consulta de informação técnica e do acompanhamento operacional. Desta forma, pretende-se reduzir a distância entre o risco “no papel” e o risco real que os trabalhadores enfrentam diariamente.

A estes elementos juntaram-se um conjunto de princípios de conceção que orientaram o desenvolvimento da proposta. Assim, a plataforma foi desenhada para ser:

- **Intuitiva e simples**, permitindo um uso fluido por colaboradores com diferentes níveis de literacia digital;
- **Visualmente apelativa**, partindo da ideia de que a clareza e o cuidado estético facilitam a adesão e aumentam a frequência de utilização, tal como acontece noutras áreas em que o design tem impacto direto no comportamento dos utilizadores;
- **Transversal e inclusiva**, acessível a trabalhadores de todas as idades e funções, independentemente da sua familiaridade com ferramentas digitais;
- **Integrada nas rotinas diárias**, deixando de funcionar como um mero sistema administrativo para se tornar um instrumento de apoio direto ao trabalho no terreno;
- **Menos burocrática**, substituindo fluxos manuais, dispersos e repetitivos por processos digitais mais simples, rápidos e uniformizados;
- **Promotora de uma cultura de segurança**, facilitando o acesso à informação, clarificando procedimentos e contribuindo para que a prevenção seja naturalmente incorporada no quotidiano das equipas;
- **Coerente com a identidade visual da empresa**, através da utilização das cores e elementos gráficos associados ao seu logótipo, reforçando a familiaridade e o sentimento de pertença;
- **Agradável de utilizar**, reconhecendo que uma experiência visual apelativa e organizada aumenta a motivação e a predisposição dos utilizadores para integrarem a plataforma no seu dia a dia.

Assim, a solução proposta não se limita a dar resposta a requisitos técnicos ou legais: procura também contribuir para uma mudança cultural, tornando os processos de segurança, planeamento e organização das operações mais acessíveis, claros e utilizados de forma consistente.

Com base nestes princípios — e nos resultados apresentados no capítulo 4 — desenvolveu-se a arquitetura funcional e visual que se descreve nas secções seguintes.

4.5.1 Arquitetura do projeto

A Aplicação O&M foi concebida como uma plataforma digital destinada a apoiar a gestão integrada dos riscos e das operações inerentes à fase de operação e manutenção de parques solares fotovoltaicos. A solução resulta da necessidade, identificada no estudo empírico, de consolidar num único sistema áreas funcionais que atualmente se encontram dispersas, dificultando a rastreabilidade, a comunicação entre equipas e a uniformização dos procedimentos. Assim, a arquitetura do sistema foi organizada de modo a refletir os principais processos de trabalho envolvidos na atividade, assegurando coerência interna, continuidade lógica e alinhamento com os requisitos legais e operacionais do setor.

A figura seguinte apresenta uma síntese gráfica dessa arquitetura funcional, estruturando-a segundo cinco domínios centrais — Área Pessoal, KPIs, Planeamento, Parques, Manutenção e QAS — e evidenciando a relação entre funções, entradas de informação (inputs) e resultados gerados (outputs). Esta representação tem como finalidade ilustrar, de forma sistemática, o fluxo de informação dentro da plataforma, permitindo compreender como cada módulo contribui para o funcionamento global do sistema.

A leitura do esquema permite identificar:

- os elementos funcionais essenciais associados a cada módulo;
- os dados que alimentam cada processo (inputs), provenientes direta ou indiretamente da atividade operacional;
- os resultados produzidos (outputs), que se traduzem em registos, notificações, autorizações, relatórios ou evidências documentais.

Deste modo, a figura constitui um mapa estruturante da arquitetura proposta, demonstrando a articulação entre processos e reforçando a lógica de integração que sustenta o desenvolvimento da plataforma. Nas secções seguintes, cada módulo é descrito de forma individualizada, aprofundando a sua finalidade, o seu contributo para a atividade de O&M e a sua correspondência com os requisitos identificados no capítulo anterior.

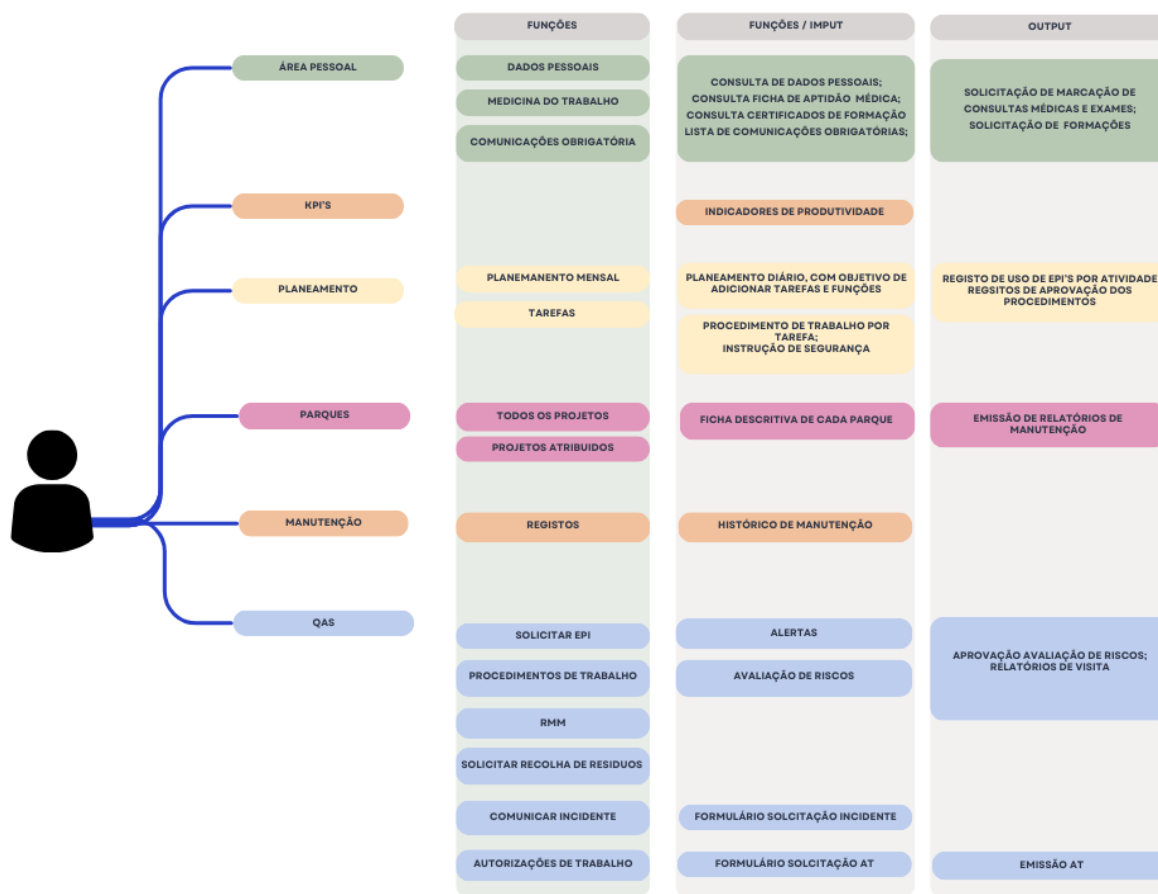


Figura 10- Arquitetura do Projeto

4.5.2 Protótipo

4.5.2.1 Login

Todos os colaboradores da área de operação e manutenção têm acesso à plataforma digital, cuja estrutura é comum aos três perfis de utilizador: Técnicos de O&M, Gestores de Contrato e responsáveis de QAS. O processo de registo é efetuado previamente pela organização, garantindo que cada utilizador acede apenas às funcionalidades compatíveis com as suas responsabilidades. Após autenticação, o sistema adapta automaticamente a interface e as permissões ao perfil definido.

A Figura 11 apresenta o protótipo das interfaces de boas-vindas e autenticação, ilustrando a abordagem visual limpa, intuitiva e centrada no utilizador adotada no design da plataforma.

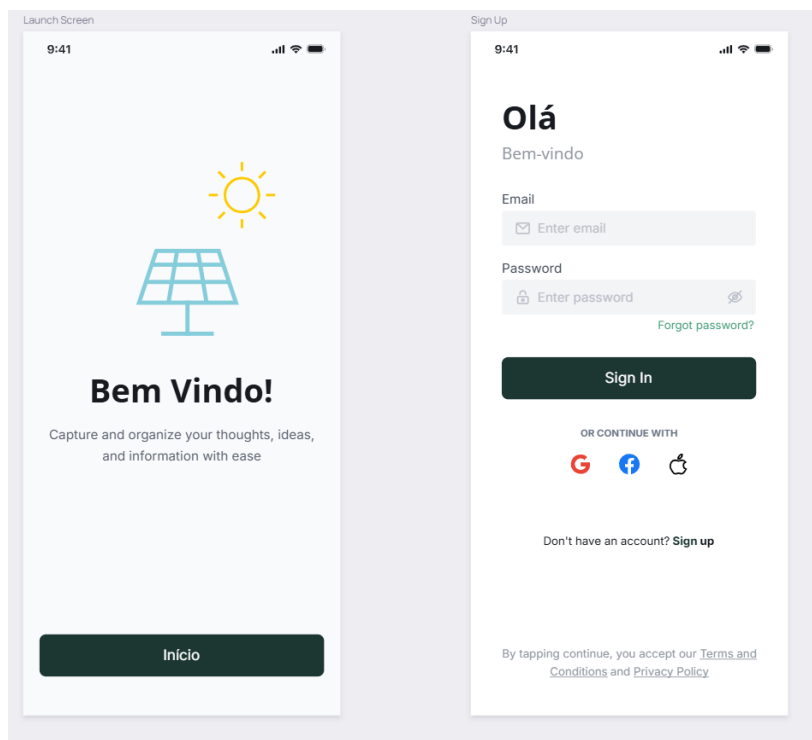


Figura 11- Página do Login

4.5.2.2 Entrada de Subempreiteiros nos Parques

A gestão de acessos aos parques fotovoltaicos foi identificada como um processo crítico, tanto para efeitos de segurança como de controlo operacional. Com esse propósito, desenvolveu-se uma sinalética padronizada, colocada nas entradas principais dos parques, destinada a reforçar a comunicação, uniformizar procedimentos e facilitar o registo de utilizadores externos.

A placa foi concebida segundo princípios de clareza visual, acessibilidade e leitura imediata, integrando:

- **Planta de emergência do parque**, com rotas de evacuação e pontos de encontro;
- **Contactos de emergência locais**, garantindo resposta rápida em situações críticas;
- **Principais riscos e obrigações**, apresentados de forma direta e visual;
- **Identificação inequívoca do parque**, incluindo designação, cliente e localização;
- **Código QR para registo digital de entrada**, permitindo a identificação autónoma de visitantes e subempreiteiros.

A Figura 12 apresenta um exemplo desta sinalética, evidenciando o seu carácter informativo e a adequação a utilizadores com diferentes níveis de literacia.



Figura 12 - Placa de Acesso Parques

Após a leitura *do QR Codes*, o utilizador é encaminhado para um formulário digital simples, no qual regista a sua presença, a empresa a que pertence e o motivo da visita.

Concluído o registo, o sistema envia automaticamente uma notificação ao Gestor de Projeto e ao responsável QAS, garantindo que ambos sabem, em tempo real:

- quem se encontra no parque;
- se está autorizado a entrar;
- e quantas pessoas estão no interior da instalação.

Esta funcionalidade é particularmente relevante porque a maioria dos parques não possui presença permanente de colaboradores. Em contexto de emergência, a plataforma permite identificar rapidamente todas as pessoas dentro da instalação, assegurando um controlo rigoroso da segurança.

4.5.2.3 Menu Principal

O menu principal da aplicação representado na Figura 13, foi concebido com o propósito de garantir uma experiência de utilização intuitiva, funcional e eficiente, assegurando que qualquer colaborador consiga navegar e aceder às funcionalidades de forma rápida e autónoma. A estrutura foi organizada em quatro áreas principais, permitindo uma distribuição lógica dos conteúdos e promovendo a facilidade de utilização.

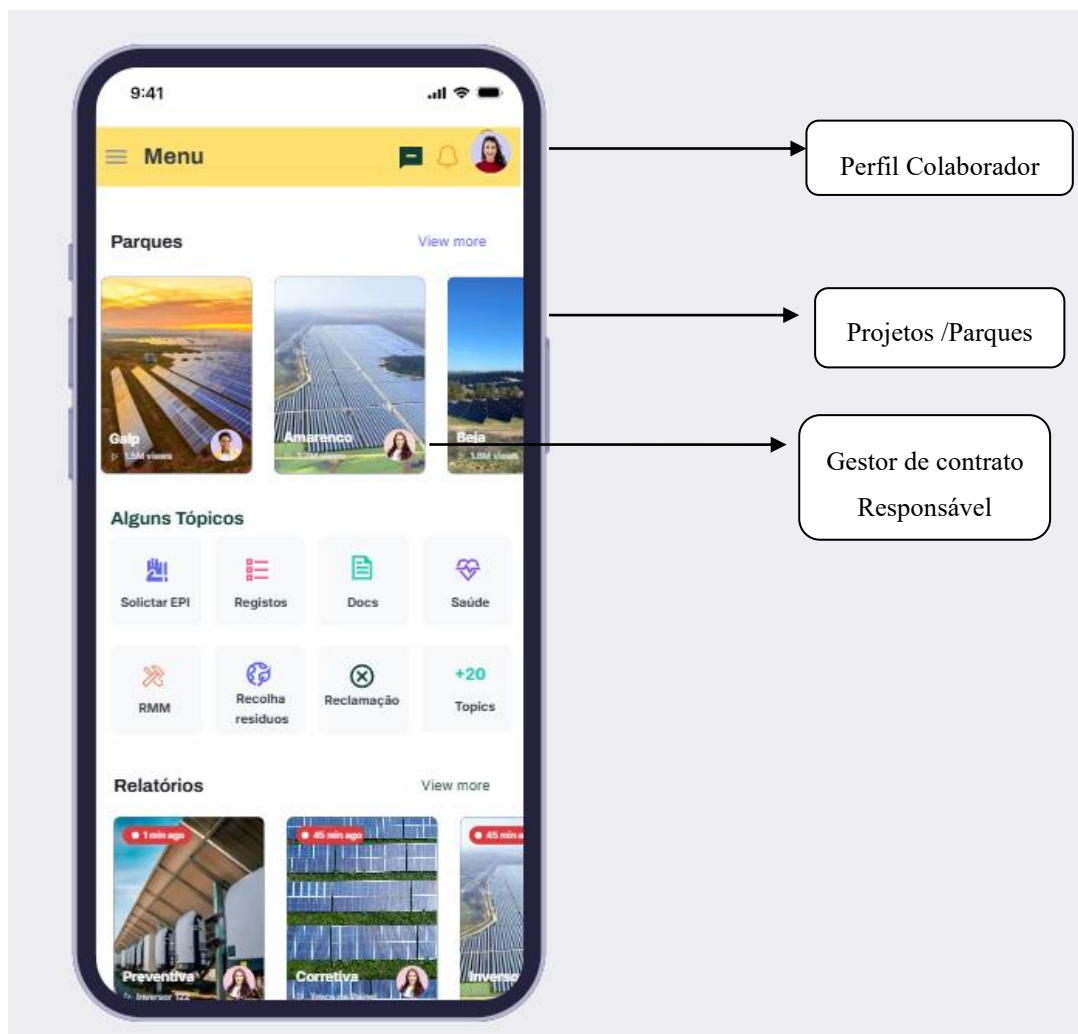


Figura 13- Menu Principal

Na primeira secção, o utilizador tem acesso ao perfil do colaborador, às notificações e às conversas internas com a restante equipa. Esta área centraliza as funções de comunicação e gestão pessoal, favorecendo a interação e o acompanhamento individual de cada colaborador.

A secção de projetos apresenta, de forma visualmente apelativa e organizada, todos os projetos ou parques associados ao colaborador, bem como o gestor de projeto responsável. Esta disposição facilita a identificação imediata das atividades em curso e promove uma visão global do contexto de trabalho.

Adicionalmente, foi desenvolvida uma área de acesso rápido aos tópicos principais, permitindo que o colaborador execute ações essenciais com o mínimo de navegação possível. Entre estas opções incluem-se a solicitação de EPI, a abertura de ocorrências, o pedido de recolha de resíduos, a verificação dos RRM em posse e o acesso a documentos, registos e relatórios de manutenção. Esta abordagem tem como objetivo reduzir o tempo de acesso à informação e aumentar a eficiência operacional.

Por fim, a secção de relatórios disponibiliza os registos mais recentes de forma resumida, permitindo uma visualização rápida e organizada das atividades desenvolvidas e dos estados de manutenção.

O design do menu foi elaborado segundo princípios de usabilidade e ergonomia digital, privilegiando a clareza visual, consistência e acessibilidade. Desta forma, o utilizador encontra as funcionalidades mais

relevantes sempre ao seu alcance, garantindo uma experiência fluida, coerente e centrada nas necessidades operacionais do sistema.

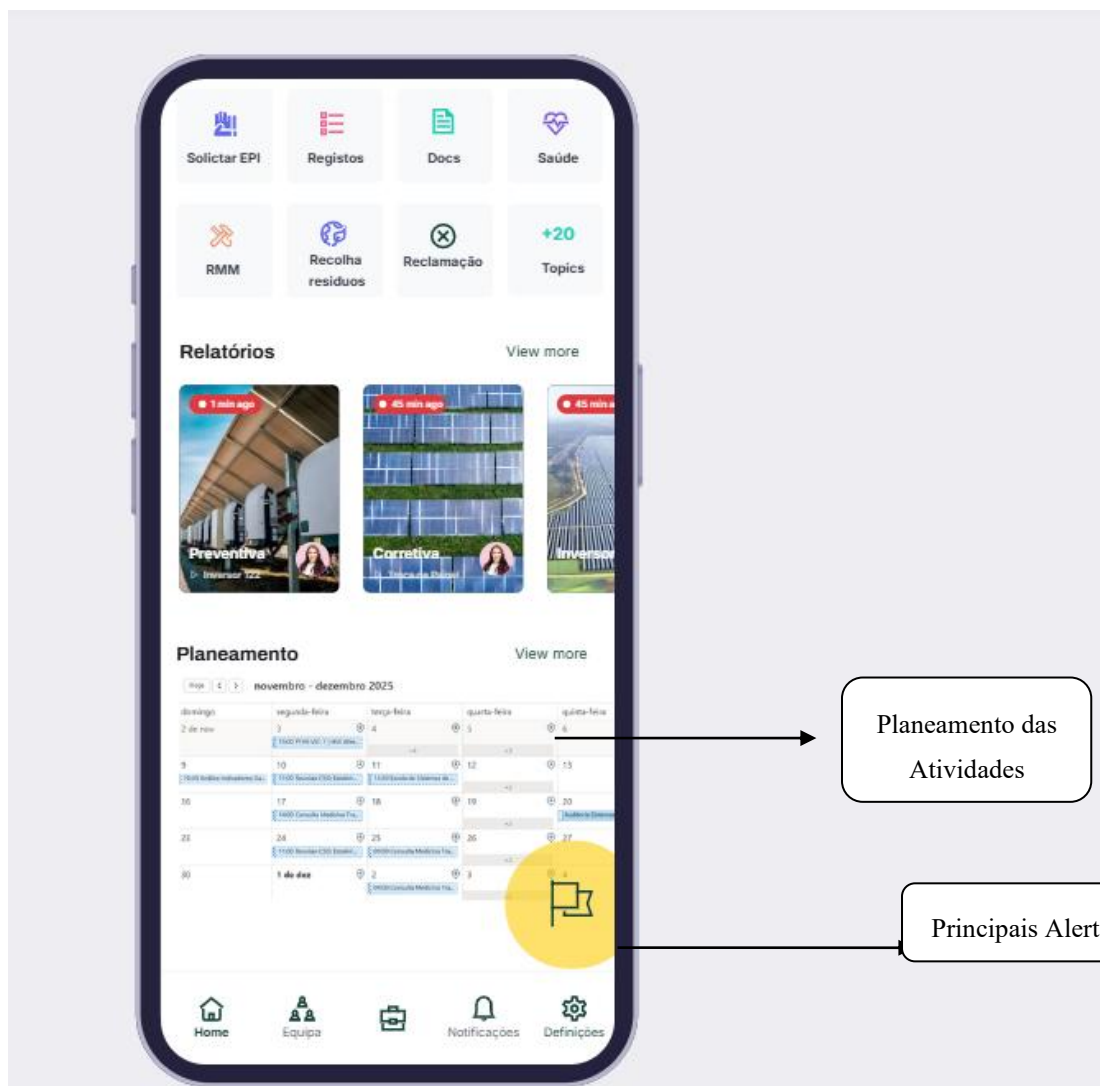


Figura 14- Planeamento atividades

Adicionalmente, foi incorporada uma área dedicada ao planeamento das atividades semanais e mensais, representada na Imagem 14, que permite ao colaborador consultar e gerir as suas tarefas de forma estruturada. Nesta secção, o utilizador pode abrir as suas atividades planeadas, verificar o respetivo calendário de execução e acompanhar o progresso das mesmas.

Tanto o gestor de projeto como o responsável QAS (Qualidade, Ambiente e Segurança) têm igualmente acesso a esta área, possibilitando um controlo e monitorização eficazes das tarefas atribuídas.

Para além disso, a interface inclui um botão de acesso rápido aos alertas principais, que informa o colaborador sobre as notificações e prioridades do dia, garantindo que nenhuma atividade crítica é negligenciada.

4.5.2.4 Localização dos Parques

Outra forma de consulta e visualização dos projetos é disponibilizada através de um mapa interativo, integrado com a plataforma *Google Earth*. Neste mapa, Imagem 15, encontram-se assinalados todos os parques em operação e manutenção da empresa, permitindo uma visualização geográfica e intuitiva da sua localização.

Cada parque é identificado por uma cor específica, sendo que cada cor representa um cliente distinto, o que facilita a associação imediata entre os projetos e as respetivas entidades responsáveis.

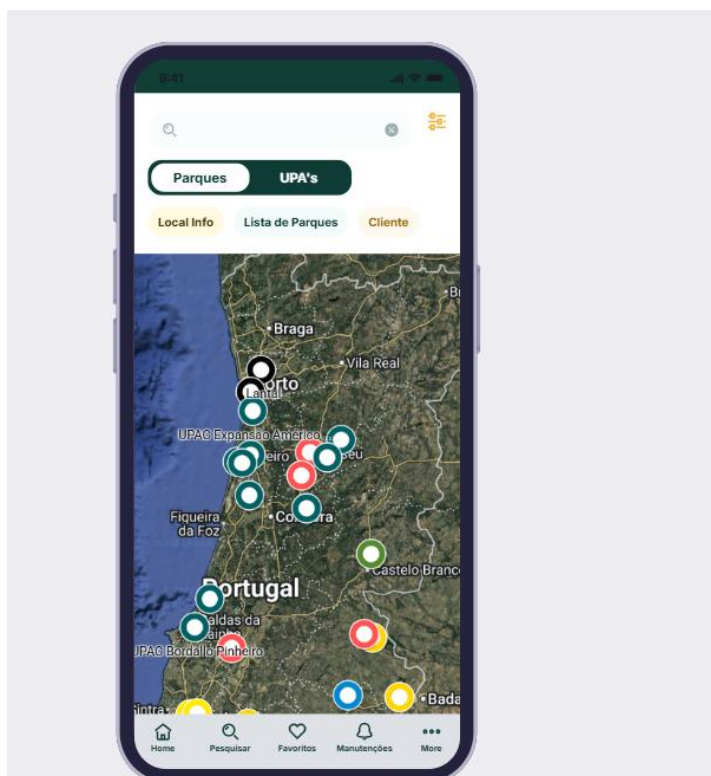


Figura 15- Mapa Localização dos Parques

A partir deste mapa, o utilizador pode aceder diretamente à ficha e ao perfil de cada projeto, obtendo informações detalhadas sobre o seu estado, responsáveis e histórico de intervenções. Esta funcionalidade contribui para uma gestão visual e centralizada dos parques, otimizando o processo de monitorização e acompanhamento das atividades operacionais.

4.5.2.5 Ficha Técnica Parques

Na ficha do parque é possível consultar diversas informações essenciais, como o nome do parque, a sua localização geográfica, o cliente e as respetivas especificações. As características técnicas incluem dados principais, como a data de início do projeto, a potência instalada, o número de módulos, os inversores e a dimensão total do parque.

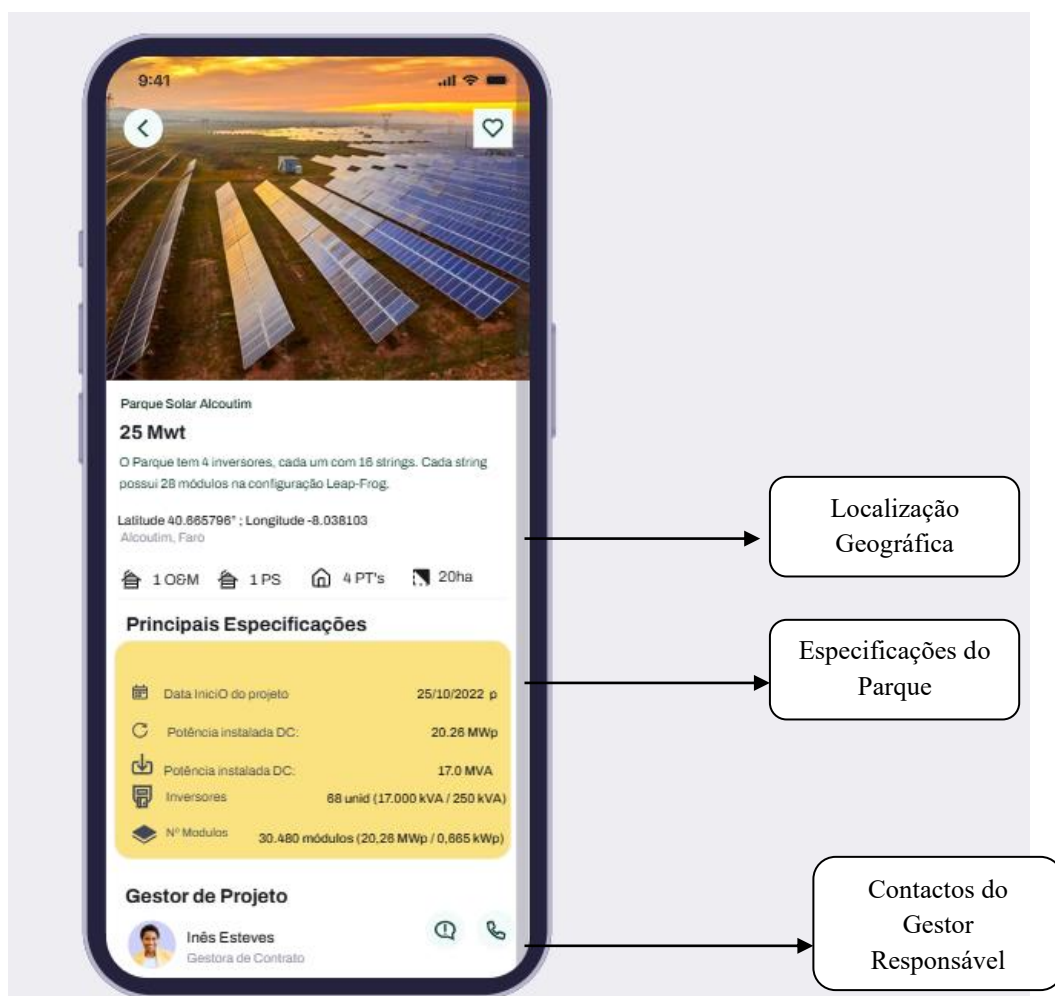


Figura 16- Ficha Técnica Parque

Estas informações garantem que os técnicos tenham acesso rápido e eficiente aos dados mais relevantes. A ficha apresenta ainda o gestor do contrato e o seu contacto, facilitando a comunicação e a gestão do projeto, representado na Figura 16.

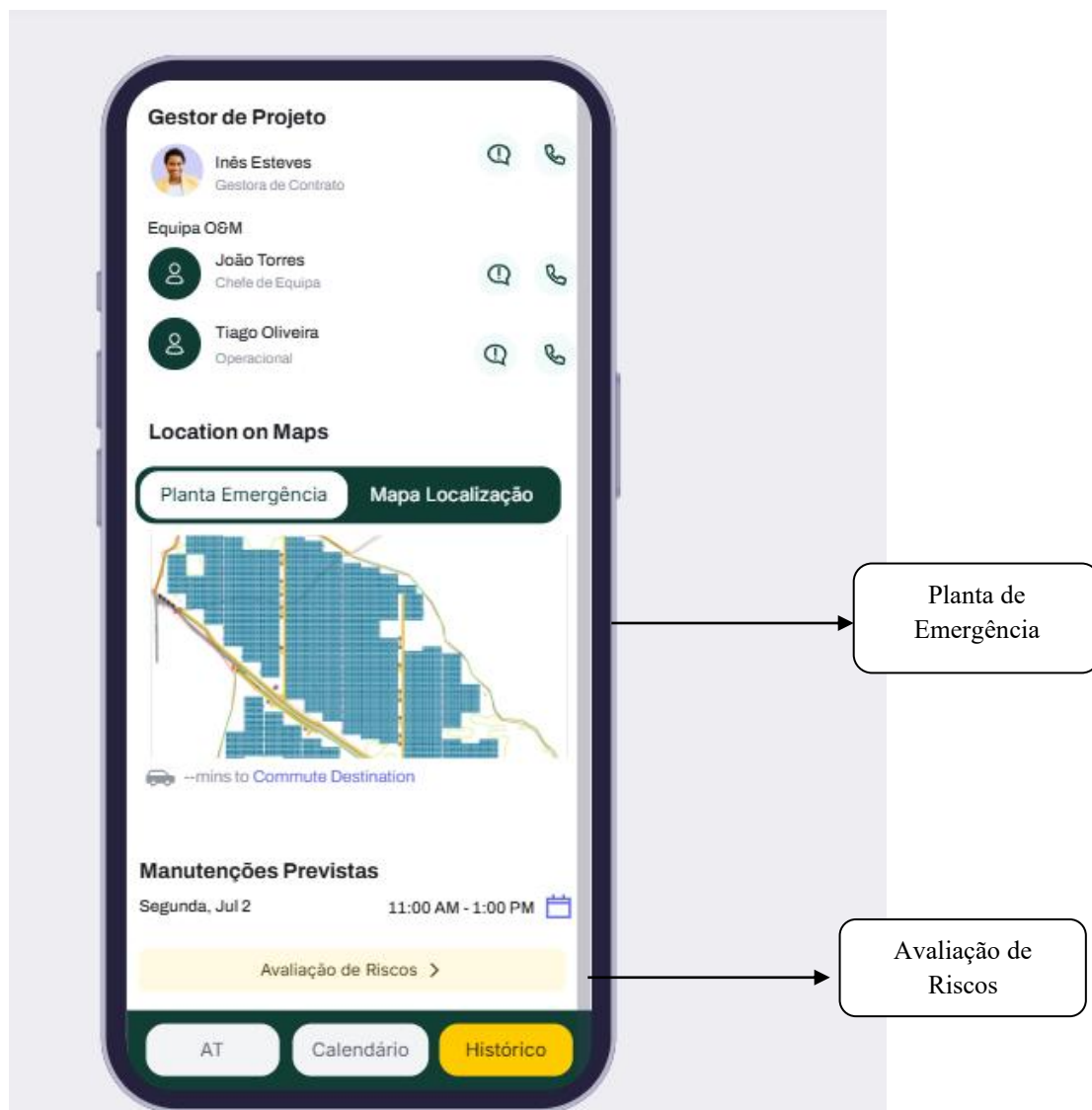


Figura 17- Ficha Técnica Parque-Parte 2

Além disso, encontram-se identificados os técnicos responsáveis pela operação e manutenção, bem como o mapa de localização e a planta de emergência do parque.

É também possível visualizar as manutenções previstas, assim como consultar a avaliação de riscos associada ao parque.

A ficha disponibiliza ainda o histórico de manutenções realizadas, permitindo acompanhar todas as intervenções anteriores.

Por meio desta ficha, é possível também abrir uma AT (Autorização de Trabalho) — funcionalidade destinada a situações em que um colaborador necessita realizar uma manutenção não prevista e cuja avaliação ainda não foi emitida. Nesses casos, a autorização é submetida a análise e posterior aprovação ou rejeição.

4.5.2.6 Procedimento de Trabalho e Avaliação de riscos

Antes do início de qualquer tarefa, o trabalhador deve aceder à ficha de procedimentos e à avaliação de riscos associada à atividade que vai executar, representado o na Figura 18.

A avaliação de riscos é uma exigência legal que impõe às entidades empregadoras a obrigação de identificar, analisar e controlar os riscos a que os seus colaboradores estão expostos. Garante ainda que todos os trabalhadores conhecem os perigos associados às tarefas que desempenham.

Mais do que um simples requisito normativo, a avaliação de riscos constitui um instrumento essencial de prevenção e segurança, contribuindo para reduzir a probabilidade de acidentes e proteger a integridade física de todos os intervenientes.

Cada parque deve dispor da sua avaliação de riscos própria, uma vez que cada instalação apresenta características e condicionalismos técnicos específicos. Assim, tarefas aparentemente idênticas podem envolver riscos distintos, consoante o contexto em que são realizadas.

Por exemplo, a substituição de um painel num terreno com 5% de inclinação apresenta riscos diferentes daqueles verificados num terreno com 10%.

Apesar disso, a prática atual baseia-se frequentemente numa avaliação de riscos genérica, centrada nas tarefas mais comuns. Embora útil, esta abordagem não reflete com precisão os riscos específicos de cada parque, o que significa que os trabalhadores conhecem os riscos gerais das suas funções, mas nem sempre têm consciência das particularidades do local onde intervêm.

A consulta contínua e integral da avaliação de riscos e das fichas de procedimentos de segurança, sempre que se acede a um parque, apresenta limitações práticas e logísticas.

A extensão e complexidade desses documentos podem tornar a leitura pouco viável, e a familiaridade com as tarefas pode induzir à perceção errada de domínio total dos riscos.

Por isso, a avaliação de riscos deve ser encarada como um processo dinâmico, colaborativo e permanentemente atualizado, que envolva todos os intervenientes.

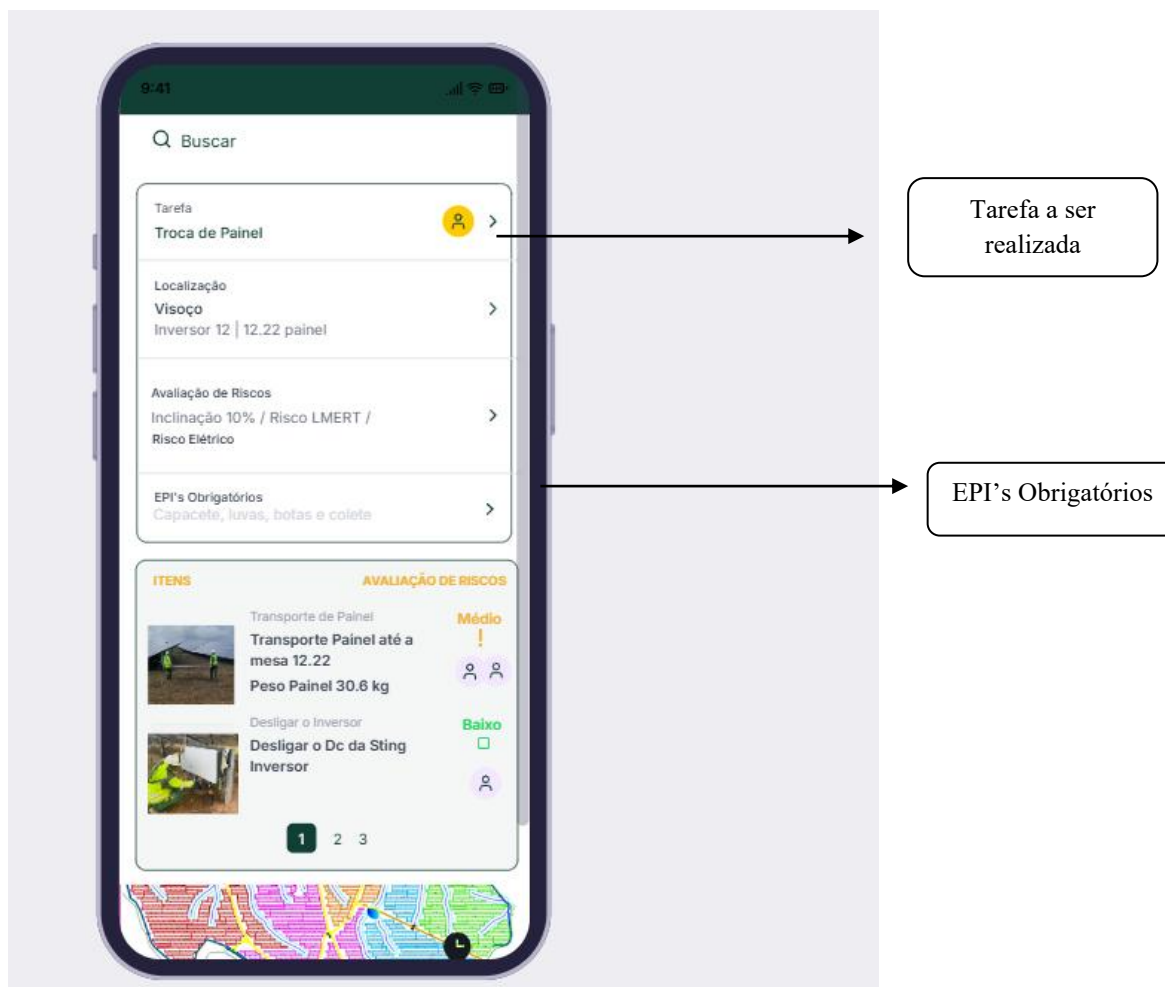


Figura 18- Procedimento de Trabalho

Para reforçar a eficácia do processo, sempre que uma nova tarefa é iniciada, a aplicação digital emite um alerta automático para os técnicos envolvidos, indicando:

- os principais riscos associados;
- o nível de risco estimado;
- os equipamentos de proteção individual (EPI) obrigatórios;
- e as recomendações específicas de segurança.

A gestão de competências dos colaboradores é igualmente crucial: ao atribuir uma tarefa, o Gestor de Projeto deve garantir que os trabalhadores designados possuem as qualificações necessárias. Caso contrário, o sistema emite um alerta de impedimento, prevenindo a execução da atividade em condições de risco acrescido.

Assim, a avaliação de riscos afirma-se como um processo estruturado, dinâmico e participativo, que ultrapassa a mera conformidade legal.

Ao integrar a experiência prática dos colaboradores, o conhecimento técnico dos responsáveis pela segurança e o apoio de ferramentas digitais interativas, é possível construir um sistema de prevenção mais

eficaz, ajustado às especificidades de cada parque e orientado para a melhoria contínua da segurança no trabalho.

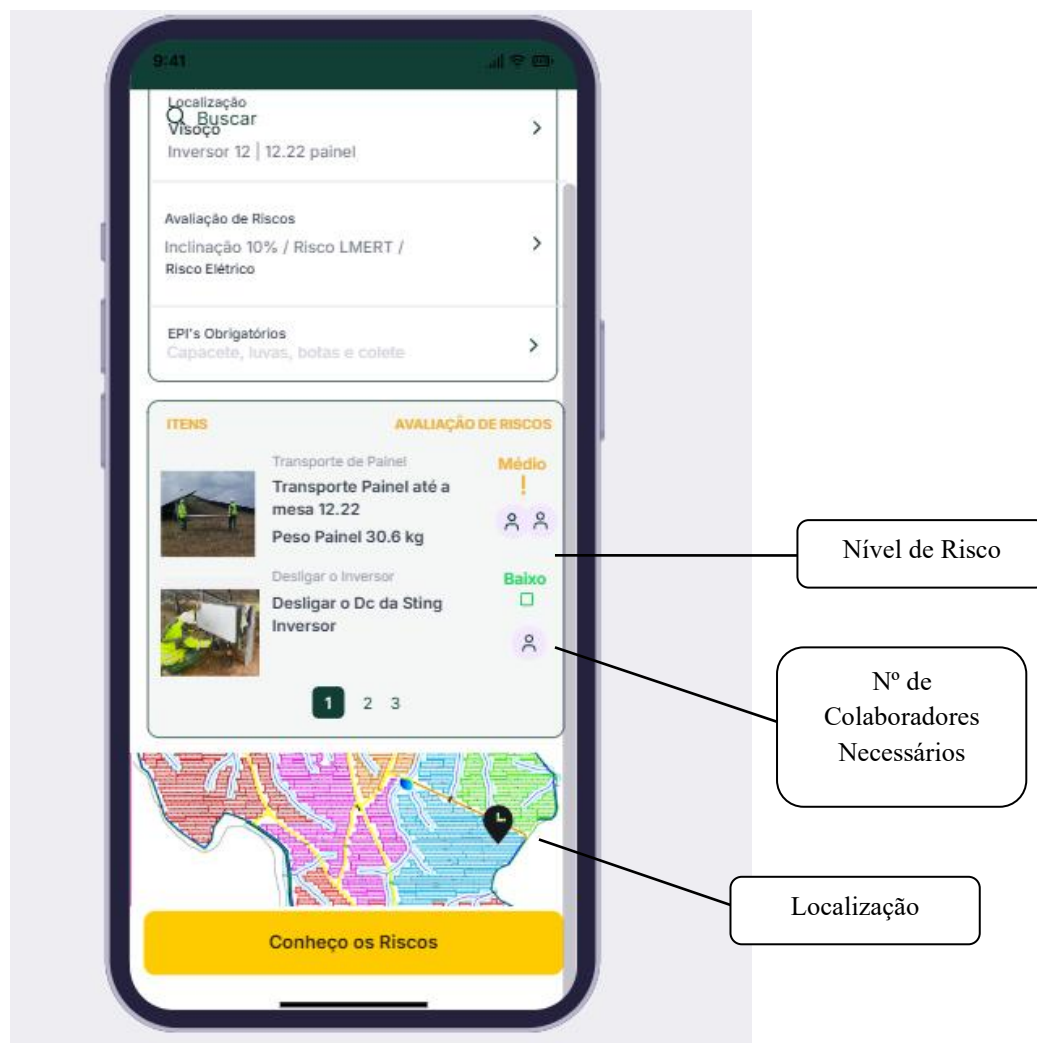


Figura 19- Avaliação de Riscos

Após o colaborador ler todos os procedimentos de forma simples, visual e passo a passo, este deve confirmar que compreende os riscos a que está exposto e que conhece as exigências associadas à função que vai desempenhar.

Somente após a aceitação deste formulário, o colaborador passa a ter acesso ao relatório de manutenção, que deverá preencher e emitir de acordo com as instruções definidas.

4.5.3 Transição obra para O&M

Durante as entrevistas realizadas, foi identificado um ponto recorrente entre os diferentes intervenientes: a deficiente transmissão de informação entre a fase final do projeto e os responsáveis subsequentes, nomeadamente o gestor de projeto e os técnicos. A passagem de informação atualmente existente revela-se superficial e incompleta, originando lacunas que podem comprometer a continuidade e o acompanhamento adequado do projeto.

Neste sentido, define-se que o objetivo e o procedimento de transmissão de informação deverão seguir a sequência apresentada no gráfico seguinte, garantindo uma comunicação estruturada, completa e eficiente entre as partes envolvidas.



Figura 20- Proposta Steering

A solução proposta consistiria na realização de uma reunião de passagem de projeto (Steering). No início de cada projeto de operação e manutenção, passaria a efetuar-se uma reunião formal destinada à transmissão de informações essenciais, envolvendo os seguintes intervenientes e respetivas responsabilidades de comunicação:

- **Gestor de Projeto da Fase de Obra:** Competiria a este identificar os principais condicionalismos do parque, assinalar as pendências associadas à fase de obra e apresentar os constrangimentos mais relevantes que poderiam impactar a execução do projeto.
- **Gestor de Contrato:** Seria da sua responsabilidade apresentar o projeto, as especificações do cliente e as condições contratuais. Caberia ainda ao gestor de contrato definir um plano de trabalhos, nomear os técnicos responsáveis pela execução, bem como indicar as principais necessidades de manutenção e os cuidados a adotar no decurso do projeto.

Adicionalmente, deveria explicitar as exigências do projeto nos domínios de Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS), Recursos Humanos (RH), gestão financeira e logística, destacando também as principais preocupações a considerar para garantir a correta implementação da solução

4.6 Testes com Utilizadores

Após a conclusão da primeira versão do protótipo da plataforma, foi realizada uma apresentação exploratória a um conjunto de utilizadores que representam as principais áreas envolvidas nas operações dos parques fotovoltaicos — técnicos de O&M, técnicos de segurança, elementos do departamento QAS e gestores de projeto. O objetivo desta etapa foi recolher impressões iniciais sobre a estrutura proposta, a forma de organização da informação e a clareza das funcionalidades, avaliando a forma como os utilizadores percecionavam a futura aplicação e se conseguiam imaginar a utilizá-la no seu dia de trabalho.

Durante a sessão, os diferentes ecrãs do protótipo foram analisados em conjunto, estimulando os participantes a comentar espontaneamente a lógica de navegação, a distribuição dos módulos e a utilidade prática das funcionalidades apresentadas. A abordagem foi sobretudo conversacional, permitindo compreender de forma natural como os utilizadores interpretavam cada secção e que expectativas tinham relativamente ao sistema.

A receção geral foi bastante positiva, com destaque para a simplicidade visual e para a forma clara como as áreas de trabalho estão organizadas. Os técnicos de O&M valorizaram particularmente a existência de uma área pessoal, onde visualizaram tarefas diárias e mensais de forma mais estruturada. Consideraram que esse tipo de organização ajudaria a planear melhor o trabalho e a reduzir dúvidas sobre prioridades — aspetos que atualmente dependem muito da comunicação informal.

A equipa de QAS mostrou interesse especial pelos módulos dedicados à avaliação de riscos, às autorizações de trabalho e ao registo de incidentes, referindo que a forma como estas áreas estão representadas confere maior clareza aos processos e facilita o entendimento das etapas a cumprir. Destacaram ainda a importância de os trabalhadores conseguirem aceder rapidamente a documentação essencial e a procedimentos internos diretamente a partir da interface apresentada.

Os gestores de projeto e de contrato focaram-se sobretudo nas secções dedicadas à gestão documental, aos relatórios e ao histórico de manutenção, sublinhando que a proposta apresentada contribuiria para reduzir a dispersão de ficheiros e a existência de versões paralelas da mesma informação, um dos problemas mais mencionados durante as entrevistas iniciais.

Ao longo da interação surgiram também várias sugestões construtivas, que se revelaram úteis para melhorar a clareza e a organização visual. Entre os comentários mais recorrentes destacam-se a necessidade de reforçar a identificação de alguns ícones, melhorar a visibilidade de certas etiquetas e prever mecanismos de pesquisa ou filtragem que facilitem a consulta de informação quando o volume de dados for maior.

No conjunto, esta fase permitiu validar que as funcionalidades e a estrutura conceptual da plataforma estão alinhadas com as necessidades identificadas previamente. A forma como os utilizadores compreenderam e reconheceram utilidade nos diferentes módulos demonstra que a lógica da aplicação é intuitiva e coerente com o contexto de trabalho. As observações recolhidas foram registadas e servirão de base para o aperfeiçoamento da interface e para orientar as fases seguintes do desenvolvimento.

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Ao longo das últimas décadas, a transformação tecnológica tem alterado profundamente os contextos de trabalho e as práticas associadas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST). A progressiva digitalização, a automatização e a disseminação de ferramentas móveis contribuíram para aumentar a eficiência dos processos, reduzir acidentes e melhorar a ergonomia, permitindo a criação de ambientes de trabalho mais monitorizados e controlados. Em setores como o industrial ou o energético, verificou-se igualmente a integração de tecnologias avançadas — desde a simulação virtual até ao BIM — reforçando a prevenção desde as fases iniciais dos projetos.

Contudo, apesar deste avanço tecnológico generalizado, os resultados obtidos no presente estudo evidenciam que a realidade diária dos profissionais de SST permanece marcada por limitações relevantes. Embora exista uma ampla oferta de plataformas digitais no mercado, a maioria funciona de forma fragmentada, focando-se em funcionalidades isoladas: gestão documental, inventariação de equipamentos, realização de *checklists*, entre outras. A ausência de integração entre sistemas conduz à dispersão da informação, à duplicação de tarefas e à perda de rastreabilidade, dificultando a construção de uma visão sistémica da segurança.

A análise das entrevistas reforça ainda que muitos trabalhadores continuam a encarar a segurança como uma exigência predominantemente administrativa, centrada no preenchimento de formulários e registos. Esta perceção é agravada pela diversidade de perfis profissionais, pela variabilidade das operações e pela complexidade dos procedimentos existentes. Paralelamente, os contextos operacionais evoluem de forma contínua, tornando inadequada uma abordagem estática ou exclusivamente normativa da prevenção, exigindo soluções mais adaptativas, participativas e orientadas para o terreno.

Neste cenário, a digitalização assume-se não apenas como oportunidade, mas como necessidade estratégica. Uma solução digital integrada — como a proposta por este estudo — surge como resposta direta às limitações identificadas e como instrumento capaz de promover uma gestão mais transversal, colaborativa e dinâmica da segurança.

A partir desta convergência de evidências, foi possível identificar um conjunto de requisitos fundamentais que uma plataforma digital de SST deve cumprir:

1. Simplicidade, interatividade e clareza visual

Interfaces demasiado densas reduzem a adesão e geram resistência, sobretudo entre utilizadores com menor literacia digital. A utilização simples e intuitiva é essencial para garantir o uso continuado e eficaz da solução.

2. Acessibilidade e mobilidade operacional

A natureza das operações em parques solares exige mobilidade. O acesso a avaliações de risco, procedimentos e registos diretamente no terreno — através de dispositivos móveis — revelou-se indispensável para melhorar os tempos de resposta, a comunicação e a atualização da informação.

3. Integração transversal da segurança nos processos

A SST continua a surgir como função isolada na maioria das organizações. Uma plataforma integrada permite articular segurança com operação, manutenção, qualidade, ambiente, recursos humanos e gestão documental, reduzindo a fragmentação e melhorando a rastreabilidade.

4. Carácter colaborativo e participativo

Os entrevistados destacaram a importância de mecanismos que permitam registar observações, sugestões, desvios e incidentes em tempo real. Uma solução eficaz deve promover a participação ativa, incorporando o conhecimento prático das equipas.

5. Arquivamento sistematizado e conformidade legal

A dispersão documental foi uma das limitações mais referidas. Um sistema unificado de arquivo — contendo avaliações de risco, relatórios, certificados, autorizações e registos — é essencial para garantir rastreabilidade, conformidade e eficiência em auditorias.

De forma global, os resultados obtidos revelam que a implementação de uma plataforma digital integrada não se limita a resolver problemas técnicos ou administrativos. Representa, antes, uma oportunidade de transformar a forma como a segurança é percecionada e vivenciada nas organizações.

Ao tornar os processos mais simples, visuais, acessíveis e colaborativos, a segurança deixa de ser encarada como um conjunto de obrigações burocráticas e assume um papel central na cultura organizacional, contribuindo para ambientes de trabalho mais maduros, preventivos e orientados para a melhoria contínua.

Assim, a proposta desenvolvida não responde apenas às necessidades identificadas pelas equipas de O&M, QAS e gestão de projeto; alinha-se igualmente com as tendências tecnológicas e com as recomendações da literatura especializada, reforçando a relevância e atualidade da solução.

6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Conclusões

Atualmente vivemos numa geração com acesso a diversas tecnologias, o que permitiu uma evolução significativa no setor industrial, com inovações na forma de produzir e ganhos expressivos em termos de eficiência. No entanto, apesar de a Segurança e Saúde no Trabalho ser um pilar central para a sustentabilidade organizacional, esta não tem acompanhado, na mesma medida, a evolução tecnológica e produtiva.

O sistema continua excessivamente burocrático e pouco acessível, privilegiando, muitas vezes, apenas o cumprimento formal dos requisitos legais, em detrimento de uma abordagem efetiva orientada para a transformação cultural e comportamental das empresas. Os procedimentos existentes, frequentemente extensos e pouco apelativos, assumem um carácter meramente documental, servindo sobretudo para satisfazer exigências normativas, mas não para serem lidos, compreendidos e aplicados pelos trabalhadores.

Em Portugal, a segurança tende a ser encarada sobretudo numa perspetiva reativa, isto é, voltada para a resposta a acidentes já ocorridos, ou centrada exclusivamente no cumprimento legal, sem estar verdadeiramente enraizada nos processos organizacionais. Tal realidade é também explicada pela insuficiente valorização e envolvimento por parte da gestão de topo, que muitas vezes encara a segurança como um custo adicional e não como um investimento estratégico. Por essa razão, a segurança acaba frequentemente por ser relegada para segundo plano.

A necessidade de alinhar a segurança com a evolução tecnológica e com os processos produtivos torna-se, por isso, imperativa. Integrar a segurança de forma eficaz no quotidiano organizacional, tornando-a mais apelativa, menos burocrática e orientada para a participação ativa dos trabalhadores, permitirá não apenas reforçar a prevenção de acidentes, mas também posicionar a segurança como um elemento indissociável da melhoria contínua, da qualidade e da sustentabilidade ambiental.

A operacionalização de ferramentas inovadoras neste domínio terá um impacto transversal relevante, contribuindo para a valorização da imagem da empresa perante os clientes, para o aumento da eficiência dos processos e para a criação de uma cultura de segurança sólida. Mais do que cumprir requisitos, trata-se de atribuir sentido às práticas implementadas, tornando a segurança uma componente efetiva da estratégia organizacional e um fator diferenciador no desempenho global da empresa.

6.2 Limitações do estudo e Perspetivas Futuras

Embora o trabalho tenha permitido desenvolver uma primeira abordagem estruturada para a digitalização dos processos de SST no contexto da O&M fotovoltaica, existem algumas limitações que importa reconhecer.

Uma primeira limitação prende-se com o facto de a plataforma apresentada corresponder, nesta fase, apenas a um protótipo visual. Não chegou a ser testada com dados reais nem utilizada em condições operacionais, o que impede avaliar o seu comportamento em cenários do dia-a-dia, nomeadamente no acesso à informação, nos tempos de resposta ou na facilidade de utilização.

Além disso, a solução ainda não está ligada aos sistemas internos da organização. A ausência dessa integração — seja com plataformas documentais, bases de dados ou ferramentas IT utilizadas no terreno — limita a compreensão do seu potencial real e da compatibilidade com os processos existentes.

A dimensão da amostra constitui outra limitação. As perceções recolhidas são relevantes, mas representam um número restrito de utilizadores, o que pode não refletir a diversidade de práticas e necessidades presentes noutras equipas ou empresas do setor.

Por último, não foram recolhidos indicadores quantitativos que permitissem medir ganhos de eficiência ou impacto direto na organização. A análise realizada foi essencialmente qualitativa, o que, embora adequado nesta fase exploratória, deixa espaço para aprofundamentos futuros.

Tendo em conta estas limitações, considera-se importante avançar para uma fase de teste em ambiente real, idealmente através de um projeto-piloto num ou mais parques fotovoltaicos. Essa implementação permitiria observar o comportamento da plataforma no terreno, recolher dados concretos e ajustar funcionalidades com base no uso efetivo.

Outra linha de evolução passa pela integração com as plataformas corporativas já existentes, o que permitiria automatizar fluxos, evitar duplicação de informação e tornar o sistema mais útil para as equipas.

Com o tempo, será igualmente relevante acrescentar funcionalidades que respondam às necessidades identificadas, quer ao nível da análise de informação, quer da comunicação entre equipas. A recolha de dados reais poderá também abrir caminho ao desenvolvimento de indicadores que permitam avaliar o contributo da solução para a eficiência dos processos e para a segurança.

Finalmente, seria útil alargar a análise a outras organizações ou setores, de forma a verificar o grau de aplicabilidade do modelo e recolher contributos que permitam evoluir o protótipo para uma versão mais consolidada.

.

7 BIBLIOGRAFIA

- Babalola, A., Manu, P., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., & Bartolo, P. (2023). A systematic review of the application of immersive technologies for safety and health management in the construction sector. *Journal of Safety Research*, 85, 66–85. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.01.007>
- Bavaresco, R., Arruda, H., Rocha, E., Barbosa, J., & Li, G.-P. (2024). Internet of Things and occupational well-being in Industry 4.0: A systematic mapping study and taxonomy. *Computers and Industrial Engineering*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107670>
- Bernabei, M., Colabianchi, S., Carli, M., Costantino, F., Ferrarotti, A., Neri, M., & Stabile, S. (2024). Enhancing occupational safety and health training: A guideline for virtual reality integration. *IEEE Access*, 12. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3481668>
- Bontempi, A., Demarchi, D., & Ros, P. M. (2024). Design of wireless power smart personal protective equipment for Industrial Internet of Things. *IEEE Access*, 12, 79613–79625. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3408915>
- Botti, L., Mora, C., & Ferrari, E. (2022). Design of a digital tool for the identification of confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104731>
- Cagno, E., Accordini, D., Neri, A., Negri, E., & Macchi, M. (2024). Digital solutions for workplace safety: An empirical study on their adoption in Italian metalworking SMEs. *Safety Science*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106598>
- Collado-Mariscal, D., Cortés-Pérez, J. P., Cortés-Pérez, A., & Cuevas-Murillo, A. (2022). Proposal for the integration of assessment and management of electrical risk from overhead power lines in BIM for road projects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013064>
- Comissão Europeia. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union.
- Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. Prescrições mínimas relativas à exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 39.
- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro. Prescrições mínimas de segurança e saúde quanto à exposição dos trabalhadores ao ruído. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 173.
- Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de outubro. Transpõe a Diretiva 92/57/CEE relativa à segurança e saúde nos estaleiros temporários ou móveis. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 250.
- Decreto-Lei n.º 330/93, de 25 de setembro. Prescrições mínimas de segurança e saúde na movimentação manual de cargas. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 222.
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (n.d.). *Smart digital systems: Implementation guide for improving workers' safety and health*. <https://doi.org/10.2802/4459602>

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2024). *Smart digital monitoring systems for improving workers' safety and health*. EU-OSHA.

Flick, U. (2014). *An introduction to qualitative research* (5th ed.). SAGE Publications.

Ghiglione, R., & Matalon, B. (2001). *O inquérito: Teoria e prática*. Celta Editora.

Haas, E. J., & Cauda, E. (2022). Using core elements of health and safety management systems to support worker well-being during technology integration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph192113849>

Herzog, V. N., Buchmeister, B., Park, J., & Kaya, Ö. (2024). Enhancing workplace safety and ergonomics with motion capture systems. *Advances in Production Engineering and Management*, 19(3). <https://doi.org/10.14743/apem2024.3.510>

IAPMEI. (2023). *Relatório da Transição Digital nas PME Portuguesas*. IAPMEI.

International Electrotechnical Commission. (2016). *IEC 62446-1:2016 – Grid connected photovoltaic systems – Documentation, commissioning tests and inspection*. IEC.

International Electrotechnical Commission. (2017). *IEC 61724-1:2017 – Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring*. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). *IEC – International Electrotechnical Commission*. <https://www.iec.ch>

International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme. (n.d.). *IEA-PVPS – Tasks and reports*. <https://iea-pvps.org>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19011:2018 – Guidelines for auditing management systems*. ISO.

Instituto Português da Qualidade. (2013). *NP EN 50110-1:2013 – Exploração de instalações elétricas*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (2016). *NP EN 61482-1-1:2016 – Trabalhos sob tensão — Arco elétrico — Parte 1-1: Métodos de ensaio*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (2003). *NP EN 60903:2003 – Luvas de material isolante para trabalho sob tensão*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (2011). *NP EN 61243-5:2011 – Equipamento elétrico para deteção de tensão*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (2018). *NP EN 50321-1:2018 – Calçado eletricamente isolante para trabalhar em instalações de baixa tensão*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (2011). *NP EN 50522:2011 – Aterramento de instalações elétricas de alta tensão*. IPQ.

Instituto Português da Qualidade. (vários anos). *NP EN 60364 – Instalações elétricas de baixa tensão*. IPQ.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0 – Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech.

Laurent, A., & Fabiano, B. (2022). A critical perspective on the impact of Industry 4.0's new professional safety management skills on process safety education. *Chemical Engineering Transactions*, 91. <https://doi.org/10.3303/CET2291012>

Lee, D., Lim, D., Park, J., Woo, S., Moon, Y., & Jung, H. (2024). A management architecture with multi-modal ensemble AI models for worker safety. *Safety and Health at Work*, 15(3), 373–378. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.04.008>

Lei n.º 98/2009, de 4 de setembro. Regime de reparação de acidentes de trabalho e doenças profissionais. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 172.

Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro. Estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 176.

Lemos, J., de Souza, V. B., Falcetta, F. S., de Almeida, F. K., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2024). Enhancing workplace safety through personalized environmental risk assessment. *Computers*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/computers13050120>

Li, C. H. J., Liang, V., Chow, Y. T. H., Ng, H. Y., & Li, S. P. (2022). Mixed reality platform towards human-cyber-physical systems. *Applied Sciences*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/app122312009>

Mureşan, P.-I., Milosan, I., Pavalache-Ilie, M., Gabor, C., & Oancea, G. (2024). Evaluation of the training process of health and safety at work in Industry through digitalization—Case study: Position in organization. *Applied Sciences*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/app14188502>

OpenAI. (2023). *GPT-4 Technical Report*. OpenAI.

OSHA. (n.d.). *Policy brief: Involving workers to boost their safety and health impact – Smart digital systems for improving workers' safety and health*. <https://osha.europa.eu>

Pandey, S., Singh, A. K., & Parhi, S. (2024). Toward sustainable process safety management. *Process Safety Progress*, 44(1), 6–14. <https://doi.org/10.1002/prs.12664>

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE Publications.

Pettersson, H., Graff, P., Fornander, L., Westerlund, J., Björ, B., & Sjödin, F. (2022). New design of digital tool to increase vibration risk assessments. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(3), 1705–1710. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1928389>

Quivy, R., & Campenhoudt, L. (2008). *Manual de investigação em ciências sociais* (5.ª ed.). Gradiva.

Rayyan. (2020). *Rayyan – Intelligent Systematic Review Platform*. <https://www.rayyan.ai>

SafetyCulture. (n.d.). *SafetyCulture – Operations and safety platform*. <https://safetyculture.com/>

Schäfer, K., Görke, A., Hesemann, L., Franke, T., Nitsch, V., Heckwolf, C., Mertens, A., Brandl, C., & Zweck, A. (2022). Digital platforms: Perceived criteria of success. *Work*, 72(4), 1593–1610. <https://doi.org/10.3233/WOR-211253>

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.

Singh, S. P., Mansuri, L. E., Patel, D. A., & Chauhan, S. (2023). Harnessing BIM with risk assessment. *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106179>

Vukićević, A. M., Mačužić, I., Djapan, M., Milićević, V., & Shamina, L. (2021). Digital training and learning in OSH. *Sustainability*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413641>

Zorzenon, R., Lizarelli, F. L., & Braatz, D. (2025). The impact of IoT on health and safety performance at work. *Safety Science*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106866>

8 APENDICE

Título	Área/ Temática	Setor	Dimensão da Gestão / Objetivo	Usabilidade / teste	Ferramenta Digital	Metodologia	Limitações
Introducing a new design of digital tool to increase vibration risk assessments: challenges with education-based interventions	Segurança e Saúde no Trabalho (SST), com foco na avaliação de riscos de vibração	Oficinas de veículos / manutenção (ex.: manutenção de veículos ferroviários), Contrução Cívil	Melhorar a frequência e eficácia das avaliações de risco de vibração no local de trabalho, através de uma ferramenta digital	Sim-Foi testada a adoção da ferramenta em ambientes reais, mas o uso foi limitado; observou-se resistência na adoção da tecnologia	Uma ferramenta digital para dispositivos móveis, projetada para apoiar avaliações de risco de vibração	Estudo de caso qualitativo com observações, entrevistas e workshops com os trabalhadores e responsáveis	Baixa adesão dos trabalhadores, falta de integração com o fluxo de trabalho diário, dependência de interesse individual
Management Architecture With Multi-modal Ensemble AI Models for Enhanced User-Centered Smart Healthcare Services	Inteligência Artificial aplicada à saúde inteligente (smart healthcare), com foco em arquitetura de gestão e modelos de IA multimodais	Saúde	Inteligência Artificial aplicada à saúde inteligente (smart healthcare), com foco em arquitetura de gestão e modelos de IA multimodais	Sim- Realizaram testes com dados simulados e reais de sensores IoT, com foco na personalização e adaptabilidade da interface	Modelos de IA multimodais (ensemble models), técnicas de deep learning, sensores IoT, análise comportamental	Desenvolvimento de arquitetura baseada em AI, integração de múltiplos modelos, testes com simulações e dados reais	Os autores citam limitações como necessidade de mais validação com usuários reais e desafios com a generalização dos modelos em diferentes contextos
Harnessing BIM with risk assessment for generating automated safety schedule and developing application for safety training	Estudo propõe a integração de Building Information Modelling (BIM)	Construção Cívil	Desenvolver uma abordagem para integrar avaliação de risco com BIM para criar cronogramas de segurança e treinar	Sim- Testado em projeto de construção real; aplicação móvel implementada e avaliada por estudantes e	Autodesk Revit, Navisworks Manage, Unity3D, Android Studio	Desenvolvimento de sistema em 5 fases: identificação de riscos, cronograma de segurança, modelação em BIM, integração de	Aplicação limitada a um projeto piloto, necessidade de validação mais extensa e adaptação a diferentes contextos

	com análise de risco		trabalhadores através de aplicação digital	trabalhadores		dados e desenvolvimento de app móvel	culturais ou normativos
A systematic review of the application of immersive technologies for learning and development in the corporate context	Tecnologias imersivas aplicadas à aprendizagem e desenvolvimento no contexto corporativo	Corporativo (empresas em geral; múltiplos setores)	Investigar como tecnologias imersivas (VR, AR, MR) têm sido aplicadas no contexto corporativo para fins de aprendizagem e desenvolvimento de pessoas	Sim- A maioria dos estudos incluiu avaliações de usabilidade e impacto no desempenho e aprendizagem; alguns utilizaram testes com utilizadores reais	Tecnologias imersivas como Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e Realidade Mista (MR)	Revisão sistemática de literatura segundo PRISMA; análise de 25 artigos selecionados	Limitações relacionadas à quantidade de estudos empíricos, diversidade de setores analisados e à falta de padronização nas avaliações de impacto
A Mixed Reality-Based Platform towards Human-Cyber-Physical Collaboration	Indústria 5.0, Realidade Mista, Colaboração Homem-Ciber-Física	Indústria	Desenvolvimento de uma plataforma de Realidade Mista para apoiar a colaboração entre humanos e sistemas ciber-físicos na Indústria 5.0	Sim- Implementação num caso de uso real com trabalhadores a interagir com a plataforma	Plataforma de Realidade Mista com óculos HoloLens, Azure Kinect e ROS	Desenvolvimento tecnológico e implementação prática com validação num caso real; arquitetura modular; integração de dispositivos	O artigo menciona a necessidade de validação futura com mais utilizadores e diferentes cenários industriais; possível necessidade de maior robustez na integração de dados
Using Core Elements of Health and Safety Management to Support Worker Well-being During	Segurança e Saúde no Trabalho (SST), bem-estar dos trabalhadores, integração	Indústria transformadora (manufatura)	Aplicação dos elementos centrais de gestão em SST (NIOSH Safe-Skilled-Ready	Validação do modelo conceptual com base numa implementação real de tecnologia e análise qualitativa	Não é mencionada uma ferramenta digital específica; a tecnologia em questão envolve sensores inteligentes de	Estudo de caso qualitativo com entrevistas semiestruturadas a 13 stakeholders; análise de	Estudo de caso qualitativo com entrevistas semiestruturadas a 13 stakeholders; análise de

Technology Integration	tecnológica		Workforce) para apoiar o bem-estar dos trabalhadores durante mudanças tecnológicas	dos resultados com stakeholders	segurança	conteúdo orientada por categorias do modelo conceptual	conteúdo orientada por categorias do modelo conceptual
A systematic review of the application of immersive technologies for education: From 2011 to 2021	Tecnologias imersivas na educação	Educação	Investigar como tecnologias imersivas (VR, AR, MR) foram aplicadas na educação entre 2011–2021	Avaliação de usabilidade é mencionada como critério em alguns dos estudos analisados, mas não aplicada diretamente pelos autores	Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR), Realidade Mista (MR)	Revisão sistemática com base nas diretrizes PRISMA	Limitação temporal (2011-2021), uso de apenas quatro bases de dados, exclusão de literatura cinzenta
Smart Working in Industry 4.0: How digital technologies enhance manufacturing workers’ activities	Tecnologias digitais e Smart Working na Indústria 4.0	Indústria de Manufatura	Desenvolver um framework conceitual que relacione tecnologias da Indústria 4.0 com atividades de manufatura e capacidades dos trabalhadores	Sim- São discutidos impactos positivos e negativos sobre usabilidade como conforto, resistência e eficiência nas atividades dos trabalhadores	Realidade aumentada, robôs colaborativos, realidade virtual, sensores, wearables, digital twin, inteligência artificial, etc.	Revisão sistemática da literatura (Systematic Literature Review - SLR)	Alto investimento inicial, resistência dos trabalhadores, problemas de usabilidade, cultura organizacional, privacidade, e maturidade tecnológica

Proposal for the Integration of the Assessment and Management of Electrical Risk from Overhead Power Lines in BIM for Road Project	Avaliação e gestão de risco elétrico com BIM em projetos rodoviários	Construção / Infraestruturas viárias	Propor um método de avaliação e gestão de risco elétrico associado a linhas de alta tensão em projetos rodoviários com uso de BIM	Sim- Simulação 4D com Revit e Navisworks para detecção de colisão entre máquinas e zonas de risco elétrico	BIM (Revit 2020, Civil 3D 2020, Navisworks, Dynamo, Excel)	Estudo de caso com modelagem paramétrica em BIM, simulação 4D, avaliação de risco conforme guias europeus (INSST, BSI PAS1192-6:2018)	Aplicabilidade ainda limitada a um único estudo de caso; necessidade de padronização maior para projetos rodoviários em BIM
Evaluation of the Training Process of Health and Safety at Work in Industry through Digitalization—Case Study: Position in Organization	Saúde e segurança ocupacional; Digitalização de treinamentos	Indústria	Avaliar a satisfação com o treinamento online em SST e os desafios conforme cargos na organização	Sim- Questionário aplicado a 200 trabalhadores; análise estatística com SPSS	Plataforma online SSM.ro com assinatura eletrônica qualificada	Estudo de caso com análise estatística (EFA, PCA, Kruskal-Wallis, testes de confiabilidade e normalidade)	Resistência à mudança, escopo localizado, necessidade de revisar os itens do questionário periodicamente
Digital Training and Advanced Learning in Occupational Safety and Health Based on Modern and Affordable Technologies	Segurança e saúde ocupacional (OSH), tecnologias digitais, formação e aprendizagem	Indústria (ex.: automotiva), instituições de ensino técnico	Desenvolver e aplicar uma solução digital (SafeST) para melhorar a formação em segurança ocupacional baseada em práticas reais	Sim – testes com estudantes (12 alunos) em ambiente educacional com questionário de avaliação	SafeST: aplicativo Android com backend Node.js, frontend React Native e base de dados MongoDB	Estudo de caso com desenvolvimento de sistema, testes práticos e coleta de feedback de usuários	Pequena amostra, poucos sensores utilizados, ausência de sensores vestíveis, e integração limitada com LMS
Digital platforms: Perceived criteria of success, importance of work design, occupational	Plataformas digitais, critérios de sucesso percebidos,	Trabalho em plataformas digitais (startups,	Investigar os critérios percebidos de sucesso de	Sim – 31 entrevistas semi-estruturadas com 39 participantes	AXQDA para análise qualitativa de dados de entrevistas (não há uma	Análise comparativa e análise de conteúdo estruturada	Amostra limitada, análise subjetiva, entrevistas realizadas por diferentes

safety and health for present and prospective digital platforms	design do trabalho, saúde e segurança ocupacional	freelancers, empresas digitais)	plataformas digitais e analisar a percepção sobre a importância de saúde e segurança no trabalho (OSH)	de diferentes perfis	ferramenta de gestão digital implementada na plataforma em si)	(qualitativa)	entrevistadores e locais, foco exclusivo na Alemanha, não permite
Advancing safety analytics: A diagnostic framework for assessing system readiness within occupational safety and health	Big Data, Analytics, Readiness Framework, Saúde e Segurança Ocupacional (OSH)	Multissetorial- Organizações Industriais e empresariais com Sistemas de ados	Desenvolver um framework diagnóstico para avaliar a maturidade analítica de organizações na aplicação de dados em segurança no trabalho	Não – trabalho conceitual, sem aplicação prática direta	Nenhuma ferramenta específica – conceito geral de sistemas de Big Data e readiness analytics	Construção teórica de framework baseada em revisão da literatura e benchmarks de outros setores	Falta de validação empírica, aplicabilidade restrita a alguns setores, framework desenvolvido com base em especialistas da indústria de manufatura
Applications and Impact of Industry 4.0: Technological Innovations in Occupational Safety and Health	Indústria 4.0, Inovações tecnológicas, Saúde e Segurança Ocupacional (OSH)	Multissetorial – Indústria, saúde, construção, etc. com foco em ambientes ocupacionais	Analisar o impacto das inovações tecnológicas (ex.: wearables, drones, IA, cobots) sobre a saúde e segurança do trabalho no contexto da Indústria 4.0	Não - Não se aplicam testes empíricos; o artigo é uma reflexão comentada sobre as aplicações práticas e seus efeitos	Wearables, drones, cobots, VR/AR, AI, IoT, softwares de reporte digital	Ensaio comentado com base em revisão narrativa e análise de tendências	Discussão teórica sem dados empíricos; possíveis desafios éticos, tecnológicos, legais e psicológicos com a implementação de tecnologias em OSH

Toward sustainable process safety management 4.0 versus process safety management	Segurança de processos, Indústria 5.0, Sustentabilidade, Transformação digital	Indústrias de manufatura e processamento com foco em ambientes industriais críticos	Propor um framework integrado de Sustainable Process Safety Management 4.0 (SPSM 4.0) baseado em tecnologias emergentes e valores da Indústria 5.0	Não- Não houve aplicação prática ou testes empíricos – abordagem conceitual	Tecnologias discutidas: IA, IIoT, gêmeos digitais, robótica, sensores avançados, sistemas de monitoramento em tempo real, plataformas digitais de capacitação e segurança	Desenvolvimento de framework teórico-conceitual com base em revisão de literatura e integração de tecnologias com valores de sustentabilidade e centricidade humana	Abordagem teórica sem validação empírica; necessidade de futura aplicação prática e desafios de implementação real em contextos industriais diversos
The impact of the Internet of Things on health and safety performance at work: An empirical study of Brazilian companies	Saúde e Segurança Ocupacional (OHS), Internet das Coisas (IoT), Indústria 4.0	Empresas brasileiras do setor industrial/manufat ureiro	Avaliar o impacto da IoT na performance em segurança e saúde no trabalho, mediado por fatores organizacionais e riscos ambientais no local de trabalho	Sim – pesquisa empírica com 88 especialistas em SST; aplicação de questionário com escalas validadas	Internet das Coisas (IoT) – sensores, dispositivos vestíveis, tecnologias de monitoramento ambiental e pessoal (não cita um software ou hardware específico)	esquisa quantitativa com modelagem de equações estruturais (PLS-SEM), usando o software SmartPLS e validações estatísticas	Amostra limitada ao Brasil e setor industrial; ausência de comparação com outros países; possibilidade de viés comum do método (tratado com testes específicos)
Enhancing Occupational Safety and Health Training: A Guideline for Virtual Reality Integration	Segurança e Saúde Ocupacional (OSH), Treinamento, Realidade Virtual (VR), Indústria 4.0	Multissetorial – foco em setores industriais como construção civil, energia, química, transportes	ropor uma diretriz sistemática para o design, desenvolvimento, implementação e validação de soluções de treinamento em	Sim – avaliação de eficácia, presença, usabilidade, aceitação tecnológica; testes de pré e pós-treinamento mencionados como práticas	Realidade Virtual (VR), tecnologias XR (Extended Reality), Head-Mounted Displays (HMDs); ferramentas como simuladores, sensores	Revisão sistemática com base em PRISMA; análise de 78 estudos; desenvolvimento de guideline estruturado a partir de evidências e práticas relatadas na	Falta de aplicação empírica da diretriz, dependência de estudos existentes, ausência de padronização em testes e amostragens, variabilidade tecnológica

			OSH com uso de Realidade Virtual	recomendadas	táteis, sistemas de feedback	literatura	e foco limitado em setores
Digital solutions for workplace safety: An empirical study on their adoption in Italian metalworking SMEs	Tecnologias imersivas (VR, AR, MR), Segurança e Saúde Ocupacional (OSH), Construção	Construção civil	Avaliar sistematicamente a aplicação das tecnologias imersivas na gestão de saúde e segurança no setor da construção	Sim – revisão de 117 estudos com aplicações práticas incluindo simulações, pilotos, estudos de caso, RCTs, etc.	VR, AR, MR – com uso de motores gráficos (Unity, Unreal), dispositivos como HMDs (HTC Vive, Oculus), sensores EEG, eye trackers, simuladores interativos, etc.	Revisão sistemática da literatura com base no PRISMA; análise bibliométrica e categorização por temas OSH, tipo de tecnologia e tipo de risco abordado	Limitação a três bases de dados (Scopus, WoS, Engineering Village), apenas artigos revisados por pares, ausência de análise quantitativa aprofundada
Design of Wireless Power Smart Personal Protective Equipment for Industrial Internet of Things	Internet das Coisas Industrial (IIoT), Segurança Ocupacional, Equipamentos de Proteção Inteligentes (Smart PPE), Energia sem fio	Indústria – especialmente ambientes com infraestrutura de IIoT	Desenvolver e validar um protótipo de EPI inteligente alimentado por energia sem fio, capaz de monitorar em tempo real o uso correto de EPI	Sim – testes experimentais com diferentes distâncias, antenas e tipos de luvas, validando consumo, resposta do sistema e comunicação de dados	Prototipagem com RFID UHF, microcontrolador MSP430G2553, sensor capacitivo, leitor ThingMagic M6e, software de leitura via Visual Studio	Desenvolvimento de hardware e firmware; testes com bancos de ensaio para consumo, alcance, eficiência de energia, sensores capacitivos e comunicação de dados	Variabilidade da alimentação sem fio em distâncias maiores (>3m), dependência de alinhamento de antenas, falta de testes em ambiente industrial real

Internet of Things and occupational well-being in industry 4.0: A systematic mapping study and taxonomy	Internet das Coisas (IoT), Saúde Ocupacional, Bem-estar no trabalho, Indústria 4.0	Ambientes industriais diversos (ex.: manufatura, automotivo, energia, química, etc.)	Analisar como a IoT tem sido usada para promover o bem-estar ocupacional, classificando literatura por sensores, saúde física e mental, e tecnologias empregadas	Não – estudo baseado em revisão sistemática; sem testes empíricos próprios	Tecnologias IoT: sensores ambientais e fisiológicos, redes sem fio (Wi-Fi, ZigBee, NFC, RFID, etc.), dispositivos vestíveis, algoritmos de fusão e classificação de dados	Revisão sistemática de mapeamento com 67 artigos (de 7515 iniciais) entre 2009–2019, usando protocolo PRISMA e categorização por tipo de tecnologia e bem-estar	Limitação ao período 2009–2019, foco em software/hardware, exclusão de revisões, cobertura limitada a bases específicas (Scopus, IEEE, etc.)
--	--	--	--	--	---	---	--