



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

AMANDA CRISTINA HANSEN

SMART PORTS: MAPEAMENTO DE PRÁTICAS INTELIGENTES E AVALIAÇÃO
DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM UM PORTO MULTIPROPÓSITO

Joinville

2023

AMANDA CRISTINA HANSEN

SMART PORTS: MAPEAMENTO DE PRÁTICAS INTELIGENTES E AVALIAÇÃO
DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM UM PORTO MULTIPROPÓSITO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval.

Orientadora: Profa. Vanina Macowski Durski Silva,
Dra. Eng.

Joinville

2023

Hansen, Amanda Cristina

Smart ports: mapeamento de práticas inteligentes e avaliação de tecnologias digitais em um porto multipropósito / Amanda Cristina Hansen ; orientadora, Vanina Macowski Durski Silva, 2023.

92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Graduação em Engenharia Naval, Joinville, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Naval. 2. Sustentabilidade Portuária. 3. Smart Ports. 4. Roadmap. 5. Tecnologias Digitais. I. Silva, Vanina Macowski Durski. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Naval. III. Título.

Amanda Cristina Hansen

**SMART PORTS: MAPEAMENTO DE PRÁTICAS INTELIGENTES E AVALIAÇÃO
DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM UM PORTO MULTIPROPÓSITO**

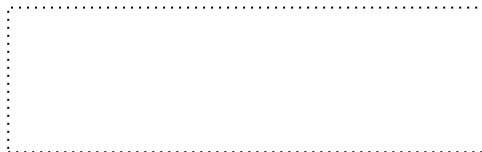
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de
“bacharel em Engenharia Naval” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia
Naval

Joinville, 04 de dezembro de 2023.



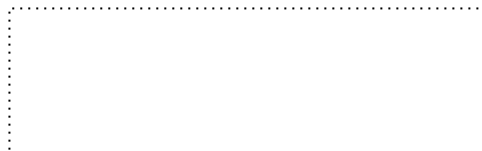
Coordenação do Curso

Banca examinadora



Profa. Eng. Vanina Macowski Durski Silva, Dra.

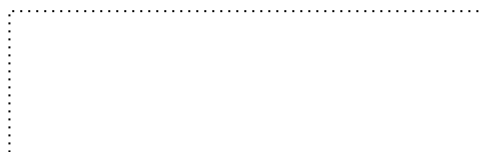
Orientadora



Profa. Eng. Elisete Santos da Silva Zagheni, Dra.

1º Membro(a)

Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Suzane Carlyne Gorges, Esp.

2º Membro(a)

Porto Itapoá

Joinville, 2023.

*Dedico este trabalho à minha mãe, por sempre acreditar nos meus sonhos,
ao meu pai (in memoriam) e, a todos que me acompanharam nessa jornada.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre me dar forças, saúde, sabedoria e determinação para não desanimar diante de todos os obstáculos e perseverar durante toda essa incrível jornada. Agradeço à minha mãe por sempre me encorajar, inspirar, consolar nos momentos difíceis e sempre acreditar nos meus sonhos. *In memoriam*, uma homenagem especial ao meu pai pelos ensinamentos até o momento, infelizmente, de sua partida. Lamento profundamente sua ausência.

Agradeço aos meus irmãos pela parceria e paciência durante todo este período e, peço desculpas por todas as ocasiões que tive que ser ausente. Um agradecimento especial à minha avó, por ser sempre tão presente e cuidadosa, dona de um empoderamento inspirador. Ao meu avô, *in memoriam*, que em todo momento que esteve presente, se preocupou, incentivou e instruiu; estava ansioso por este momento, mas infelizmente partiu antes que pudéssemos comemorar. Mesmo ao escrever estas palavras com lágrimas nos olhos, lembro-me dos momentos especiais que vivemos, e isso me traz sorrisos. Agradeço também, aos meus tios, por sempre estarem comigo nesta jornada, me incentivado sempre que possível com todo carinho.

Aos meus amigos, expresso minha gratidão por estarem sempre ao meu lado. Compartilhamos risos, lágrimas, desafios e momentos inesquecíveis ao longo dessa caminhada acadêmica. Suas conversas inspiradoras, apoio e encorajamento constante foram fundamentais para manter minha motivação e entusiasmo. Uma parte especial da minha trajetória acadêmica, foi participar da equipe de competição, *Hydra Nautidesign*, onde pude aprender e compartilhar conhecimento, além de ter a oportunidade de conhecer pessoas especiais e talentosas, um agradecimento especial ao professor Antônio Otaviano Dourado, que nos orientou e, à toda equipe pela impecável parceria.

Agradeço aos professores Luiz Eduardo Bueno Minioli e Vitor Takashi Endo pela oportunidade e orientação durante o período em que atuei como monitora de Arquitetura Naval I, foi uma das atividades mais prazerosas que tive durante a graduação. Ao professor Thiago Pontin Tancredi, meu muito obrigada, pelos ensinamentos e apoio, para que eu mantivesse a persistência, mesmo diante de um semestre muito desafiador. Aos servidores da UFSC Joinville, que estiveram

presentes na minha trajetória, dando o suporte sempre que possível, obrigada, meu coração sempre será grato.

Gostaria de expressar minha gratidão à professora e orientadora Vanina Macowski Durski Silva. Iniciamos nossa jornada na iniciação científica e continuamos esse trajeto até este trabalho de conclusão de curso. Recordo-me do começo, quando, em um momento delicado de luto, surgiu a oportunidade. Mesmo diante da minha instabilidade inicial, ela me abriu as portas para o mundo da pesquisa. Obrigada por todo o período de orientação, conselhos, amizade e incentivo. Sua postura empoderada, cheia de força e coragem são verdadeiras inspirações. A senhora sempre será lembrada por mim de uma forma especial.

Quero expressar meu profundo agradecimento ao Porto do Itaqui, em especial aos agentes portuários da EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária), com destaque para o ex-presidente, da gestão de 2015 - 2022, as gerências de administração e finanças, relação com a comunidade e responsabilidade social, tecnologia da informação, saúde e segurança, recursos humanos, meio ambiente, planejamento e operações. Um agradecimento especial ao Head de Inovação, Gabriel Fernando Mateucci Cassia, por acompanhar todo o desenvolvimento deste projeto, desde o início até o seu término, e aos residentes portuários que nos acompanharam. A presença e contribuição de todos foram essenciais para a concretização deste trabalho.

Ainda, agradeço ao agente da *Signify* Iluminação Brasil Ltda, Adalberto, adjunto da companhia *Telensa*, sua contribuição foi essencial, meu muito obrigada por toda atenção. Por fim, mas não menos importante, agradeço ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica obtida através do programa PIBIC 2022/2023.

RESUMO

O transporte marítimo possui extrema importância no comércio mundial e na integração efetiva da economia global. Assim, os portos estão investindo em tecnologias da indústria 4.0, como digitalização, hiperconexão e a automatização, para aumentar a produtividade e eficiência devido ao crescimento do setor, garantindo assim sua competitividade. Ainda, os portos estão priorizando a sustentabilidade devido à crescente conscientização sobre os impactos ambientais, buscando equilibrar o comércio global com a preservação. A transição para energia limpa é uma iniciativa para reduzir emissões associadas às operações portuárias. Deste modo, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo utilizar um *roadmap* que contém um conjunto de ferramentas necessárias para o plano de desenvolvimento de um porto multipropósito em se tornar um porto inteligente. Portanto, através de um levantamento bibliográfico definiram-se as componentes bem como as práticas inteligentes que as caracterizam, adotando o passo a passo de implementação proposto por Dominguez (2022). Definiu-se o Porto do Itaqui, MA, como participante do estudo, que respondeu um questionário proposto a fim de identificar potencial componente a receber práticas inteligentes. Como resultado, “Energia” e “Sistema de Sensores de Iluminação Dinâmica” foram a componente e a prática escolhidas, respectivamente, a receber o devido estudo, de modo a melhorar a eficiência energética do porto, podendo reduzir emissões de poluentes e, contribuir com iniciativas mais sustentáveis. Após a análise da prática inteligente com o *roadmap*, a tecnologia foi avaliada usando o método 5D de Bernhard et al. (2021). Para entender detalhes da tecnologia, foi contatada a companhia *Telensa*, fornecedora do sistema de sensores de iluminação dinâmica. O projeto visou cobrir a área primária do Porto do Itaqui, dos berços 99 ao 103, com um custo projetado de aproximadamente US\$60.000,00 e um prazo de implementação estimado em dois meses. O projeto está em avaliação pelos agentes portuários, e a escolha estratégica das práticas mencionadas tem o potencial de aprimorar o desempenho geral do porto, direcionando-o para se tornar um “*smart port*” e um porto sustentável (“*green port*”). Em vista disso, o uso do *roadmap* e do método 5D para o estudo de implementação de práticas inteligentes mostrou-se eficaz ao sintetizar etapas de execução e ser adaptável ao cenário do porto estudado. Por meio desses métodos, foi possível analisar o cenário portuário para determinar qual prática inteligente era necessária e avaliar como a tecnologia poderia ser adotada pela organização.

Palavras-chave: *Smart Ports. Roadmap. Logística Inteligente. Energia Limpa. Sustentabilidade. Tecnologias Digitais. Avaliação.*

ABSTRACT

Maritime transport is extremely important in world trade and in the effective integration of the global economy. Therefore, ports are investing in industry 4.0 technologies, such as digitalization, hyperconnection and automation, to increase productivity and efficiency due to the growth of the sector, thus ensuring their competitiveness. Furthermore, ports are prioritizing sustainability due to growing awareness of environmental impacts, seeking to balance global trade with preservation. The transition to clean energy is an initiative to reduce emissions associated with port operations. So, the present research project aims to use a roadmap that contains a set of tools necessary for the development plan of a port or terminal to become a smart port. Therefore, through a bibliographical survey, the components were defined as well as the smart practices that characterize them, adopting the step-by-step implementation proposed by Dominguez (2022). Itaquí Port, MA, was defined as a participant in the study, which responded to a proposed questionnaire in order to identify potential components to receive smart practices. As a result, "Energy" and "Dynamic Lighting Sensor System" were the component and practice chosen, respectively, to receive due study, in order to improve the port's energy efficiency, being able to reduce pollutant emissions and contribute to more sustainable initiatives. After analyzing the smart practice with the roadmap, the technology was evaluated using the 5D method of Bernhard et al. (2021). To understand details of the technology, the company Telensa, supplier of the dynamic lighting sensor system, was contacted. The project aimed to cover the primary area of the Port of Itaquí, from berths 99 to 103, with a projected cost of approximately US\$60,000.00 and an estimated implementation period of two months. The project is being evaluated by port agents, and the strategic choice of the mentioned practices has the potential to improve the port's overall performance, directing it to become a "smart port" and a sustainable port ("green port"). In view of this, the use of the roadmap and the 5D method to study the implementation of smart practices proved to be effective in synthesizing execution steps and being adaptable to the port scenario studied. Through these methods, it was possible to analyze the port scenario to determine what smart practice was needed and evaluate how the technology could be adopted by the organization.

Keywords: Smart Ports. Roadmap. Smart Logistics. Clean Energy. Sustainability. Digital Technology. Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estágios do <i>roadmap</i> para mapeamento e implementação de práticas inteligentes em portos	26
Figura 2 – Exemplo da estrutura para a implementação do <i>roadmap</i>	27
Figura 3 – Método de Avaliação das 5 Dimensões (5D)	30
Figura 4 – Fluxograma do desenvolvimento dos procedimentos metodológicos	35
Figura 5 – Diagrama de fases da revisão bibliográfica sistemática	37
Figura 6 – Análise de publicações relacionadas ao termo <i>Smart Bulk Port</i>	38
Figura 7 – Infraestrutura do Porto do Itaquí.....	39
Figura 8 – Questionário aplicado ao Porto do Itaquí	41
Figura 9 – Componente: Tecnologia – Ativos Virtuais.....	44
Figura 10 – Componente: Tecnologia – Ativos Físicos	45
Figura 11 – Componente: Segurança e Cibersegurança	47
Figura 12 – Componente: Eficiência e Produtividade.....	49
Figura 13 – Componente: Gerenciamento e Estratégia	50
Figura 14 – Componente: Social	52
Figura 15 – Componente: Energia	54
Figura 16 – Componente: Meio ambiente e Sustentabilidade	55
Figura 17 - Síntese do conjunto de práticas inteligentes implementadas no Porto do Itaquí	57
Figura 18 - Componentes inerentes a porto inteligentes com menores índices de implementação no Porto do Itaquí.....	59
Figura 19 – Interface da ferramenta do google <i>My maps</i>	68
Figura 20 – Área primária selecionada do Porto do Itaquí para a avaliação do sistema	69
Figura 21 - Estrutura com a síntese do estudo de implementação a partir do <i>roadmap</i> com a prática inteligente abordada no Porto do Itaquí	70
Figura 22 - Telegestão Telensa.....	76
Figura 23 - Estágios do <i>roadmap</i> sugeridos para mapeamento e implementação de práticas inteligentes em portos multipropósitos.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores de desempenho de portos inteligentes	24
Quadro 2 – Os benefícios da tecnologia com o 5D	31
Quadro 3 - Premissas de custo de preparação	33
Quadro 4 – Perguntas e respostas para análise da componente Tecnologia – Ativos Virtuais	44
Quadro 5 – Perguntas e respostas para análise da componente Tecnologia – Ativos Físicos	46
Quadro 6 – Perguntas e respostas para análise da componente Segurança e Cibersegurança	48
Quadro 7 - Perguntas e respostas para análise da componente Eficiência e Produtividade	50
Quadro 8 - Perguntas e respostas para análise da componente Gerenciamento e Estratégia	51
Quadro 9 - Perguntas e respostas para análise da componente Social.....	52
Quadro 10 - Perguntas e respostas para análise da componente Energia	54
Quadro 11 - Perguntas e respostas para análise da componente Meio Ambiente e Sustentabilidade.....	55
Quadro 12 - Perguntas e respostas para conhecimento geral das iniciativas do Porto do Itaquí	56
Quadro 13 - Justificativas da inclusão e exclusão das práticas inteligentes	59
Quadro 14 - Componentes inerentes a porto inteligentes com menores índices de implementação no Porto do Itaquí para avaliação final	64
Quadro 15 - Os benefícios do sistema de sensores de iluminação dinâmica	72
Quadro 16 – Lista de dispositivos eletrônicos	81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. JUSTIFICATIVAS	17
1.3.1 Econômica e operacional	17
1.3.2 Acadêmica	18
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1. SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA	20
2.2. SMART PORTS	22
2.3. MAPEAMENTO DAS PRÁTICAS INTELIGENTES - ROADMAP.....	26
2.4. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM LOGÍSTICA PORTUÁRIA - PORTOS	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	36
3.2. ESCOLHA DO PORTO	38
3.2.1 Porto do Itaqui	39
3.3. APLICAÇÃO DO <i>ROADMAP</i>	40
3.3.1. Mapeamento do cenário atual	40
3.4. AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DIGITAL.....	41
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	43
4.1. RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO.....	43
4.2. MAPEAMENTO DAS PRÁTICAS INTELIGENTES	57
4.3. SELEÇÃO DA PRÁTICA INTELIGENTE.....	58
4.4. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO COM O <i>ROADMAP</i>	64
4.4.1. Síntese do estudo com a estrutura completa do <i>roadmap</i>	70
4.5. ESTUDO DE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA COM 5D	71
5. CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	86

ANEXO A – RELAÇÃO DE ITENS DE ILUMINAÇÃO DOS BERÇOS 99 AO 103 DO PORTO DO ITAQUI	91
---	-----------

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os portos do futuro estão alinhados com a crescente demanda no transporte marítimo e, portanto, é crucial que se tornem eficientes, agreguem valor ao mercado e alcancem lucratividade ao longo da cadeia. Desta forma, portos tidos como bem sucedidos apresentam características em comum, como: digitalização, automatização, transição de energia e inovação, as quais destacam-se como pontos chave para a classificação de portos inteligentes. No entanto, um passo que antecede o título de porto inteligente, como descrito por Gorges (2021), é torna-lo um porto 4.0, inicialmente aplicando a digitalização em conjunto com o processo de automatização.

Inserir práticas inteligentes nos portos, sobreveio da necessidade de se manter ativo em um mercado marítimo global competitivo. De acordo a autora supracitada, o porto de Roterdã, sediado na Holanda, se tornou referência mundial ao inserir práticas inteligentes em sua gestão portuária e, pode-se relacionar as componentes das práticas inteligentes com a produtividade dos portos. Ainda em sua publicação a autora comenta que, nesses portos, essas práticas inteligentes podem atingir taxas de até 89%.

Em função da competitividade de mercado, portos estão desenvolvendo práticas para se manter bem posicionados comercialmente. Davidd Yeo, Chief Executive Officer (CEO) da Innovez.one (2021), explica: “Embora a indústria em geral esteja progredindo com a digitalização, 80% dos portos ainda dependem de operações manuais, baseadas em papel ou de planilhas Excel”. Deste modo, com o avanço de práticas inteligentes, por intermédio da digitalização nos processos os portos passam por uma otimização que tem como foco, entre outros aspectos, a diminuição dos custos elevados com as operações, podendo investir seguramente em setores específicos para se obter maior desempenho.

Entretanto, Pereira (2021) menciona que, juntamente com a contribuição relacionada ao aspecto econômico resultante do aumento das atividades portuárias, surgem ampliações nos impactos ambientais, sendo eles: consumo de água, energia, bem como emissões de gases e dentre outros. Para tanto, o processo de gestão dos portos deve abordar maneiras de identificar e avaliar esses impactos ambientais e

sociais, com o objetivo de monitorar o desempenho ao longo do tempo e implementar medidas para aprimorar a sustentabilidade.

A sustentabilidade nos portos refere-se à prática de desenvolver e operar instalações portuárias de forma a minimizar impactos ambientais, sociais e econômicos negativos, ao mesmo tempo em que se promove a eficiência e a viabilidade a longo prazo das operações. LI *et al.*, (2023) descrevem que os portos inteligentes podem ser considerados como solução que aborda novos desafios enfrentados pelos sistemas internacionais de comércio e logística. Desta forma podem contribuir para: redução de impactos ambientais, eficiência energética, gestão de resíduos, segurança marítima, economia sustentável e inovação tecnológica, dentre outros (PEREIRA, 2021).

No entanto, avaliar tecnologias digitais na logística portuária é crucial para a adoção de soluções que melhoram a competitividade e a sustentabilidade dos portos. Essa avaliação exige análise detalhada das necessidades específicas e a implementação adequada dessas tecnologias. Em relação à sustentabilidade, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) destacam metas fundamentais para os portos, incluindo energia limpa, cidades sustentáveis, consumo responsável, ação climática, vida na água e parcerias (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2023).

No entanto, emergir práticas inteligentes aos portos está longe de ser trivial, por envolver uma elevada quantidade de processos e pessoas em seu desenvolvimento. Justifica-se, portanto, a necessidade da utilização de métodos com conjunto de ferramentas para garantir do início ao fim da implementação de práticas inteligentes. Diante deste cenário, este estudo pretende utilizar um *roadmap* que contém um conjunto de ferramentas necessárias para o plano de desenvolvimento de um porto multipropósito, ou seja, que opera ampla variedade de cargas (granéis sólidos, líquidos, carga geral solta e cargas de projeto) e, um conjunto de etapas para a avaliação da tecnologia, The Five Dimensions Assessment (5D), resultante do estudo do *roadmap* alinhado com os agentes portuários, para auxiliar na tomada de decisão, no intuito de torna-lo mais *smart*, *green*, e competitivo, conectado ao futuro mais sustentável.

1.2. OBJETIVOS

Para resolver a problemática de adoção de práticas inteligentes nos portos e acompanhar a articulação do *roadmap* em um porto, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a implementação de práticas inteligentes em um porto multipropósito com um conjunto de ferramentas propostos em um *roadmap* e realizar o estudo de avaliação da tecnologia digital a ser implementada.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Fazer levantamento bibliográfico sobre sustentabilidade portuária, portos inteligentes e avaliação de tecnologias digitais para logística portuária;
- Identificar métodos de implementação de práticas inteligentes;
- Avaliar as componentes inerentes à portos inteligentes no porto de estudo, através de um mapeamento realizado por meio de um questionário, a fim de identificar uma prática potencial a ser implementada;
- Instruir o porto a adotar práticas inteligentes seguindo o conjunto de passos propostos em um *roadmap* e realizar o acompanhamento de execução dos passos sugeridos;
- Testar a aplicação do método 5D (*The Five Dimensions of Digital Technology Assessment*) para avaliar a prática inteligente escolhida pelo porto a partir da aplicação do *roadmap*.

1.3. JUSTIFICATIVAS

1.3.1 Econômica e operacional

O Departamento de Segurança Interna, a União Europeia e a Organização Marítima Internacional implementaram iniciativas significativas para a promoção da tecnologia inteligente nas áreas portuárias (MOLAVI *et al.*, 2020). O Porto de Barcelona liderou a iniciativa “*Smart Ports: Piers of the Future*”, em colaboração com os portos de Antuérpia, Busan, Hamburgo, Los Angeles, Montreal e Roterdã, buscando compartilhar experiências que levam ao desenvolvimento de portos mais inovadores, sustentáveis e inclusivos por três anos consecutivos (LI *et al.*, 2023).

Apruzzese *et al.*, (2023) descrevem que, para muitas organizações, o investimento em novas tecnologias representa uma oportunidade de transformar suas operações e aumentar a eficiência. Nesse sentido, há uma margem significativa para fazê-lo, uma vez que a indústria como um todo não está totalmente digitalizada, ao contrário de outras verticais, e há espaço para melhorias nos ativos atualmente subutilizados. O catalisador para a transformação digital será o uso dos dados, especialmente a geração de dados mais ricos e abrangentes e a análise dessas informações para gerar insights que influenciem o processo de tomada de decisão.

Igualmente, conforme destacado pelos autores supracitados, o Porto de Hamburgo é um estudo de caso exemplar que demonstra como as tecnologias remodelaram os processos de negócios, convertendo-o em um porto inteligente. Eles ressaltam que a eficácia na adoção e utilização desse redesenho, impulsionado pela internet das coisas (IoT), depende de fatores específicos do porto, como práticas de gestão, investimentos em infraestrutura e sustentabilidade, além da consideração de aspectos relacionados às partes interessadas, como parcerias estratégicas. Além disso, relatam a importância crucial do planejamento estratégico, da colaboração com parceiros tecnológicos e da gestão de projetos para apoiar essa reestruturação dos processos de negócios.

Contextualizar estes exemplos e iniciativas para o polo portuário brasileiro é de suma importância, já que há significativos recordes na movimentação de carga, onde destaca-se o Porto de Santos, o principal do país, que registrou de janeiro a agosto de 2023, um recorde histórico na movimentação de cargas gerais, de 111,4 milhões de toneladas, aumento de 1,2% sobre o volume operado no mesmo período de 2022

(PORTOS E NAVIOS, 2023). Da mesma forma, enquadrando-se nos portos multipropósito, o Porto do Itaqui, no Maranhão, que teve um marco importante em outubro do ano corrente, alcançando o melhor mês de movimentação de cargas de sua história, totalizando 3,658 milhões de toneladas. Esse resultado reflete um aumento de 16% em relação ao mesmo período do ano anterior de 2022 e um acréscimo de 19% em relação à projeção planejada para outubro de 2023 (PORTO DO ITAQUI, 2023).

1.3.2 Acadêmica

De acordo com Li *et al.*, (2023), o estudo de portos inteligentes cresceu rapidamente nos últimos anos e promete ser uma área de pesquisa em crescimento contínuo. Os portos inteligentes são vistos como a direção principal para o futuro dos portos, bem como um componente essencial das cidades inteligentes e dos sistemas de transporte, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento sustentável.

Ainda, os autores supracitados acrescentam que estudos de caso e estudos empíricos são os principais métodos utilizados na atualidade na pesquisa de portos inteligentes e, que acadêmicos de 38 países e 159 instituições agregaram para publicações na área. As disciplinas mais relevantes entre os estudos publicados sobre portos inteligentes incluem transporte, economia, gestão, engenharia e ciências ambientais. A ciência ambiental desempenha um papel fundamental ao permitir que os portos alcancem um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e ambiental, por meio da construção de sistemas sustentáveis no porto e da adoção de energias renováveis, como a solar e a eólica (LI *et al.*, 2023).

Para o(a) engenheiro(a) naval, compreender o funcionamento do transporte marítimo, incluindo a movimentação de cargas nos portos, é fundamental. Isso implica entender os processos logísticos, as instalações portuárias e as tecnologias voltadas para aprimorar as operações. Além disso, os portos inteligentes visam a eficiência operacional e a sustentabilidade, tornando essencial para o engenheiro naval entender como implementar práticas sustentáveis, como a redução de emissões, energia limpa e gestão eficiente de recursos no ambiente portuário.

O conhecimento em tecnologias emergentes, como automação, sistemas de telegestão, sensores e análise de dados, desempenha um papel crucial para aprimorar a eficiência operacional e a segurança nos portos (APRUZZESE *et al.*,

2023). Em suma, a formação do(a) engenheiro(a) naval requer uma integração de conhecimentos em engenharia, logística, sistemas inteligentes, gestão de processos e questões ambientais, proporcionando uma visão abrangente e multidisciplinar para enfrentar desafios complexos na operação portuária.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado com cinco capítulos e encontra-se organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo apresenta-se a introdução, na qual é contextualizado o tema “*smart ports*” e abordam-se os principais objetivos deste trabalho, além de apresentar as justificativas do mesmo. Em seguida, é descrito o segundo capítulo contando com referencial teórico, onde apresenta-se e caracteriza-se os temas sustentabilidade portuária, *smart ports*, mapeamento de práticas inteligentes a partir de um *roadmap* e, a avaliação de tecnologias digitais no cenário portuário.

No terceiro capítulo apresentam-se os métodos utilizados para a realização deste trabalho, tanto a forma como foi realizada a revisão bibliográfica, quanto a abordagem utilizada para a coleta de dados para o estudo. Desta forma, na sequência realizou-se no quarto capítulo, apresentando os resultados obtidos com o mapeamento a partir do questionário aplicado aos dirigentes do porto em estudo, os passos do *roadmap* aplicados à prática inteligente selecionada pelos agentes portuários e, a avaliação da tecnologia, proposta para atender a prática inteligente mapeada, através do método 5D. Contudo, o quinto capítulo é composto pelas considerações finais, destacando-se as principais conclusões e sugestões futuras para continuação deste estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentada a relevância da inserção de práticas inteligentes nos portos nacionais e internacionais. São apresentadas componentes que objetivam caracterizar o conceito de portos inteligentes com indicadores a título de orientação para referência futura entre os portos, a contextualização sobre sustentabilidade portuária, o conjunto de ferramentas propostos em um *roadmap* para implementar práticas inteligentes na gestão portuária e, o conjunto de ferramentas cíclica de avaliação de novas tecnologias, método (5D), constando cinco etapas.

2.1. SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA

O estudo dos portos abrange diversos níveis e tópicos, incluindo as características, fatores econômicos, ambientais, governança e competitividade. Isto é fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável dos portos em termos econômicos, ambientais e sociais (NOTTEBOOM *et al.*, 2022). A sustentabilidade portuária refere-se a um conjunto de práticas e ações que buscam tornar-se as operações portuárias mais ecologicamente responsáveis, socialmente benéficas e economicamente viáveis a longo prazo.

Em suma, isso envolve a integração de princípios de sustentabilidade nas atividades dos portos para minimizar os impactos ambientais, promover o bem-estar das comunidades locais e garantir a eficiência econômica. Conforme Philipp *et al.* (2021) observam, os portos desempenham um papel crucial na rede de transporte, logo, a transição energética e a prevenção ambiental são fatores considerados no desenvolvimento de portos inteligentes. Neste contexto, reportam-se algumas ações que são atribuídas ao tópico: eficiência energética, gestão de resíduos, redução de emissões de gases poluentes, proteção da biodiversidade, envolvimento comunitário, segurança marítima e, inovação e pesquisa.

Cavassano *et al.* (2022), descrevem em seu trabalho que as questões ambientais referentes à degradação têm tido elevado destaque nos últimos anos, fazendo com que as organizações busquem formas de mitigar seus impactos ambientais e continuem elevando-se economicamente. Desta forma, argumenta que a união dos objetivos ambientais com os objetivos estratégicos de desenvolvimento

de uma organização resulta em uma gestão ambiental eficaz. Apruzzese *et al.*, (2023) destacam a importância de considerar a sustentabilidade dos produtos e serviços inovadores em diversos aspectos. Isso inclui o econômico, visando garantir a viabilidade e rentabilidade das operações logísticas a longo prazo; o social, para analisar o impacto dessas operações nas pessoas, trabalhadores, comunidades e na sociedade em geral; o ambiental, visando minimizar o impacto ecológico e promover a conservação do meio ambiente; e o operacional, assegurando eficiência, confiabilidade e resiliência nas operações logísticas.

Por outro lado, Gomes *et al.*, (2022) abordam que a sustentabilidade deve ser compreendida como uma abordagem de gestão que visa a lucratividade ao abranger o desenvolvimento econômico e social, sem negligenciar a preservação dos recursos naturais. Ainda, Notteboom *et al.*, (2022) acrescentam que os princípios de eficiência, desempenho e sustentabilidade no contexto operacional, ou seja, dentro de uma organização ou terminal, desempenham um papel crucial na perspectiva micro.

Nessa abordagem, os autores supracitados, enfatizam que as organizações e seus terminais são as unidades de estudo pertinentes para a avaliação e análise da competição portuária, em detrimento dos próprios portos marítimos. Neste contexto, atualmente, observa-se uma ampla adoção do termo “*Environmental, Social and Corporate Governance*” (ESG), que, em português, corresponde à governança ambiental, social e corporativa. Esses elementos são considerados pilares fundamentais nas práticas de sustentabilidade e estão se tornando cada vez mais integrados nas organizações, inclusive como um diferencial competitivo (MOAH, 2022). Apesar disso, os autores mencionados observam que a gestão da sustentabilidade dentro de uma organização é desafiadora, e estender o monitoramento a empresas terceirizadas pode ser uma prática mais complexa.

A sustentabilidade ambiental nos projetos e atividades portuárias tornou-se igualmente crucial em relação à sua viabilidade econômica e financeira. Gomes *et al.* (2022), apontam em seu trabalho alguns projetos/alternativas para se alcançar a sustentabilidade nas organizações, sendo elas: alavancagem do capital humano, gestão sustentável de fornecedores, compromisso do diálogo e transparência com os *stakeholders*, aprimoramento das práticas de governança, aprimoramento da qualificação dos fatores socioambientais na gestão de riscos, compensação das emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) e proteção do meio ambiente, certificação da energia proveniente de fontes limpas e gestão sustentável do capital financeiro. De

fato, garantindo mais competitividade, resultados em um contínuo processo de transformação e reinvenção.

Dessa forma, Moah *et al.* (2022) descrevem que a sustentabilidade portuária emerge com uma estratégia de negócios que busca equilibrar as necessidades econômicas das organizações ao integrar o compromisso com o desenvolvimento da sociedade e a conservação dos recursos naturais. Com isso, tem-se como objetivo atender às demandas atuais e futuras dos *stakeholders*, bem como ao meio ambiente, à dimensão social e às partes afetadas pelo complexo.

2.2. SMART PORTS

Um *smart port*, porto inteligente, é caracterizado como um símbolo de um estágio avançado de geração portuária, que incorpora soluções tecnológicas inteligentes para aprimorar a eficiência e as operações, beneficiando tanto os próprios portos quanto toda a cadeia de suprimentos (LI *et al.*, 2023). Neste contexto de portos e digitalização, o termo *Smart Ports* tem recebido crescente atenção nas discussões científicas recentes. Yang *et al.* (2018), descreveram um porto inteligente visionário, como um porto totalmente automatizado na qual todos os dispositivos são conectados via Internet das Coisas (IoT) e uma rede de sensores inteligente, atuadores, dispositivos sem fio e *data centers* formando uma infraestrutura chave.

Torres *et al.* (2022) relatam que, a transformação digital no transporte marítimo está concentrada em torno de três categorias: tecnologias para digitalização de operações, tecnologias para a automatização de operações e tecnologias de segurança; as quais são adotadas para redução de emissões das operações marítimo-portuárias, em busca de sustentabilidade no setor, melhorar a rapidez e a eficiência das tomadas de decisões para simplificar e integrar processos. Já Guia *et al.* (2022), defendem a integração dos agentes em um ecossistema portuário conectado e inteligente, que adote uma metodologia sistemática de integração de dados para melhor organização, formação e transformação de informações; atitudes estas, a fim de auxiliar na adesão de novas tecnologias, como a Inteligência Artificial (IA).

Segundo Gorges e Silva (2021), os portos de Roterdã e Hamburgo são referências mundiais em *Smart Ports*, por apresentarem alto índice de digitalização em suas operações. Bem como, o porto de Roterdã é o porto mais movimentado da

Europa e o 6º mais movimentado do mundo (DAFNOMILIS *et al.*, 2018). Além disso, as autoras, identificaram sete componentes para a caracterização e investigação de práticas inteligentes nos portos e terminais brasileiros, a fim de realizar um mapeamento para o estudo do cenário atual: tecnologias, meio ambiente e sustentabilidade, energia, segurança e cibersegurança, social, gerenciamento e estratégia e, eficiência e produtividade.

Inserir práticas inteligentes nos portos, sobreveio da necessidade de se manter ativo em um mercado marítimo global competitivo. Com base no relatório anual do *Port of Rotterdam (2022)*, no ano de 2022 foram movimentadas 467,3 milhões toneladas de carga. Enquanto, no maior complexo portuário nacional brasileiro, *Santos Port Authority (2022)*, foram movimentadas 162,4 milhões de toneladas no mesmo período. Quando comparadas entre si, as referências apresentam uma discrepância 34,75% no fluxo de cargas movimentadas anualmente. Desta forma, emergir práticas inteligentes nos portos e terminais, por consequência, pode atuar como um diferencial para se obter maior êxito nas operações.

Estudos apontam que o uso de tecnologia avançada tem impulsionado a evolução e aprimoramento da eficiência portuária, e a crescente complexidade é o rumo do desenvolvimento portuário. Ademais Li *et al.*, (2023) relatam que as características dos portos inteligentes foram identificadas a partir de três perspectivas: (i) como um terminal de solução complexa, (ii) como um sistema baseado em tecnologia inteligente e (iii) como um estágio avançado na geração portuária.

Neste cenário, evidencia-se a partir do estudo, a imersão da tecnologia e mapeamentos para soluções e iniciativas relacionadas ao setor portuário. Quanto às informações e dados do setor, para se ter otimizações, necessita-se coletar, estruturar, armazenar e preparar, a fim de avançar em um porto de próxima geração: inteligente, sincromodal e verde. Ainda, Gorges e Silva (2021), defendem que um porto inteligente se caracteriza a partir de uma excelente operação portuária, um ecossistema aberto e expansão ativa em negócios inovadores sustentáveis.

Com o intuito de aprimorar o entendimento na caracterização e investigação da implementação de práticas inteligentes já adotadas em portos e terminais brasileiros, Gorges (2021), elaborou sete componentes contendo indicadores globais e indicadores específicos a serem mapeados através de um questionário, obtendo 23 portos/terminais de uso público e dois terminais de uso privado (TUPs) como respondentes. Foi proposto por Gorges e Silva (2021), no desdobramento das sete

componentes, 59 indicadores específicos os quais foram agrupados conforme alguma semelhança ou por se tratar de um mesmo assunto, culminando em indicadores globais, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores de desempenho de portos inteligentes

Componente	Indicador global	Indicador específico
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e informações	Armazenamento de dados
		Equipe de inteligência de dados
		Padronização de dados
		Pré-processamento de dados
		Tratamento/processamento de dados
		Utilização de <i>machine learning</i> para tratamento de dados
	Conectividade	Sistema integrado com a comunidade portuária
Controle	Utilização de <i>digital twin</i> para novos equipamentos	
Segurança	Utilização de <i>blockchain</i>	
Tecnologia – Ativos Físicos	Movimentação de carga	Utilização de veículo guiado automaticamente (AVG)
		Utilização de guindaste de empilhamento de contêineres automático
		Utilização de portêiner automatizado
		Sistema de sensor <i>wireless</i> para posicionamento de cargas
		Utilização de <i>gate</i> automatizado
	Atracação de navios	Sistema de amarração de navios automatizados
		Sistema auxiliar de acoplamento de navios
	Condições climáticas	Sistema de monitoramento meteorológico com sensores
		Sistema de monitoramento oceanográfico com sensores
Meio Ambiente e Sustentabilidade	Ambiental	Reciclagem de materiais descartados
		Iniciativas de economia circular
		Certificações ambientais
		Limpeza das vias hídricas
		Infraestrutura interna para reparos em navios
		Infraestrutura interna para descomissionamento de navios
		Compartilhamento de equipamentos com outros portos/terminais
		Projeto de geração de crédito de carbono
Energia	Fornecimento	Fornecimento de energia aos navios
	Energia limpa	Geração e utilização de energia solar
		Geração e utilização de energia eólica
Iluminação	Utilização de sensores de iluminação dinâmica	
Segurança e Cibersegurança	Patrimônio	Sistema de monitoramento por câmeras
		Sistema de segurança por biometria
		Sistema de segurança por sensores/ <i>laser</i>
	Operacional	Sistema OCR de identificação de motoristas de caminhões
		Sistema de comunicação em tempo real com embarcações

Quadro 1 – (continuação)

Componente	Indicador global	Indicador específico
Segurança e Cibersegurança	Operacional	Rastreabilidade de cargas
		Sistema RFID de leitura de contêineres
		Sistema RFID de leitura de placas de caminhões
	Ambiental	Plano de Ajuda Mútua
		Plano de Controle de Emergência
		Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
		Análise Preliminar de Riscos
		Sistema de monitoramento de cargas perigosas
	Virtual	Sistema de proteção de dados
Social	Comunidade	Projetos sociais com a comunidade
		Programa de apoio a pescadores
		Projetos de educação ambiental
	Funcionários	Treinamento para operação de equipamentos
		Treinamento para operação de <i>softwares</i> e metodologias
		Capacitação interna de funcionários
		Plano de realocação de funcionários
		Capacitação externa dos funcionários
Governo	Relacionamento com órgãos públicos	
Gerenciamento e Estratégia	Tráfego	Sistema de predição de tráfego de caminhões
		Sistema de predição de tráfego de vagões
	Prancha média	Sistema de predição de tempo de operações de navios
	Manutenção	Planejamento de manutenção de equipamentos de pátio
Eficiência e Produtividade	Indicadores de desempenho	Indicadores de desempenho e metodologia
		Participação da comunidade nos indicadores de desempenho

Fonte: Gorges (2021)

Nesse cenário, a autora mencionada, acrescenta que para avaliar os indicadores de desempenho, é necessário atribuir pesos, devido a variação de objetivos e prioridades, a fim de não priorizar nenhuma categoria e, desta forma, verificar em quais dos 7 componentes o porto tem maior foco de atuação ou maior carência.

De acordo com Li *et al.*, (2023), os indicadores de desempenho em portos inteligentes podem abranger desde a construção da infraestrutura portuária até o nível de operação, a qualidade dos serviços e a responsabilidade social, além de, serem utilizados para avaliar a realidade objetiva e o nível de desenvolvimento. Assim, utilizou-se neste trabalho esta abordagem como ponto de partida, para dar sequência

à aplicação de um *roadmap* no estudo de implementação de práticas inteligentes em um porto multipropósito.

2.3. MAPEAMENTO DAS PRÁTICAS INTELIGENTES - *ROADMAP*

Com o panorama favorável ao incentivo para os portos e terminais adotarem práticas inteligentes, com o propósito de se tornarem *Smart Port*, a fim de otimizarem sua logística e operações, Dominguez, Gorges e Silva (2021), com o objetivo de contribuir, auxiliar, compreender e motivar gestores portuários, propõem um conjunto de ferramentas, *roadmap*, com passos que um porto/terminal podem adotar a fim de inserir implementações inteligentes.

O aprimoramento do *roadmap* se dá no estudo de Dominguez (2022), com a proposição de nove passos para o desenvolvimento da aplicação: análise das componentes, escolha da prática inteligente, estado atual da prática inteligente, estado desejado da prática inteligente, ferramentas necessárias para a aplicação, nível de adoção em que se encontra a prática inteligente, tempo necessário para implementação da prática, custo da implementação e os atores que serão envolvidos no processo, conforme Figura 1.

Figura 1 – Estágios do *roadmap* para mapeamento e implementação de práticas inteligentes em portos



Fonte: Dominguez (2022, p. 37)

Contudo, no primeiro passo do *roadmap* considera-se a preposição das sete componentes que caracterizam um *smart port*; no segundo passo escolhem-se as práticas inteligentes, sendo os indicadores específicos, descritas no Quadro 1, a serem consideradas no estudo. Para analisar o terceiro passo, faz-se necessário adotar alguns portos *smart* como referência, que utilizam as mais avançadas tecnologias e integração de setores no contexto marítimo; no quarto passo, para alcançar o estado desejado de adoção de tecnologias inteligentes e compreender

quais são as áreas que mais precisam dessas práticas; é essencial conhecimento prévio do atual nível de adoção de inteligência no porto em estudo.

Em seguida, para proporcionar a implementação, deve-se determinar um conjunto de ferramentas, descrito por Dominguez (2022) como *toolkits*, na análise do passo cinco. Com relação ao passo seis, define-se o nível como: básico, intermediário e avançado, de acordo com o grau de inteligência da prática inteligente que irá ser adotada pelo porto. No prazo de implementação, passo sete do *roadmap*, deve-se definir as etapas de melhoria em curto, médio e longo prazo. Em seguida, deve-se haver a estimativa de custo de implementação de uma melhoria, classificando-o em: baixo, médio e alto, sendo determinados a partir da pesquisa de mercado com os fornecedores, fabricantes e mão de obra envolvidos em cada prática inteligente.

Por fim, no passo nove, torna-se fundamental a participação de um conjunto de pessoas envolvidas no processo, ou seja, requer-se a definição dos participantes no processo de melhoria, como pesquisadores, agentes portuários, especialistas e dentre outros. A estrutura para a aplicação é tão importante quanto os passos do *roadmap*, uma vez que se destaca pela organização no desenvolvimento, estudo da implementação e pela busca da melhor visualização durante o processo, demonstrada na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo da estrutura para a implementação do *roadmap*

COMPONENTE	PRÁTICA INTELIGENTE	ESTADO DESEJADO	ESTADO ATUAL	TOOLKIT	NÍVEL	PRAZO	CUSTO	ATORES ENVOLVIDOS
ENERGIA	UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR				BÁSICO	CURTO	\$	
					INTERMEDIÁRIO	MÉDIO	(\$)	
					AVANÇADO	LONGO	(((\$))	

Fonte: Dominguez (2022, p.43)

De posse dos dados sobre valores, ferramentas, prazos e pessoas envolvidas em uma única ferramenta (*roadmap*), o porto poderá selecionar rapidamente as práticas inteligentes que devem ser implementadas primeiro, de acordo com suas prioridades.

2.4. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM LOGÍSTICA PORTUÁRIA - PORTOS

Diante do rápido avanço das tecnologias é essencial instituir um sistema de avaliação de desempenho para os portos inteligentes. Isso não apenas reflete as características e tendências de desenvolvimento desses portos, mas também impulsiona a sua padronização e fornece diretrizes técnicas para sua construção (LI *et al.*, 2023). A avaliação de tecnologias digitais em logística portuária refere-se ao processo de análise e avaliação de soluções tecnológicas destinadas a melhorar a eficiência, segurança e eficácia das operações nos portos.

No cenário global, a avaliação revela uma perspectiva favorável para o desenvolvimento e adoção de tecnologias inovadoras no setor da logística portuária. Apesar do reconhecimento da importância dessas tecnologias por parte das organizações, observam-se variações em seus níveis de implementação, os quais se baseiam no tamanho, no domínio da indústria e nas prioridades estratégicas (APRUZZESE *et al.*, 2023).

Segundo Wen *et al.*, (2022), os portos são locais de movimentação e armazenamento de produtos, com a logística portuária desempenhando um papel crucial na economia. Ela abrange cargas, sistemas de segurança e equipamentos para o carregamento, descarregamento e armazenamento de mercadorias. As avaliações fornecem uma base para o desenvolvimento de novos produtos e serviços baseados em tecnologias inovadoras no setor da logística, de acordo com Apruzzese *et al.*, (2023). Elas não apenas orientam na criação, mas também facilitam a entrada de novos participantes no mercado, capacitando-os a oferecer soluções e serviços inovadores que atendam às necessidades reais dos atores e partes interessadas envolvidos.

Essa abordagem aumenta substancialmente o potencial de aceitação dessas soluções pelo mercado. A análise dos serviços logísticos portuários pode promover a otimização dos recursos e o crescimento sustentável na indústria portuária, e também oferecer informações específicas sobre dados logísticos portuários. Com isso, a tecnologia tem apoiado a disseminação da informatização na sociedade, tornando a gestão da informatização empresarial um indicador significativo para avaliar o nível de gestão dos portos (WEN *et al.*, 2022).

Essas tecnologias podem abranger uma ampla gama de ferramentas, sistemas e aplicativos digitais projetados para otimizar as atividades portuárias. Os principais objetivos da avaliação de tecnologias digitais e logística portuária incluem: melhoria da eficiência operacional, aprimoramento da segurança, redução de impactos ambientais, integração de sistemas, melhoria na comunicação e rastreamento, eficiência energética e análise de custos e benefícios. Ademais, vários artigos e projetos europeus ressaltaram a crescente necessidade de uma infraestrutura tecnológica.

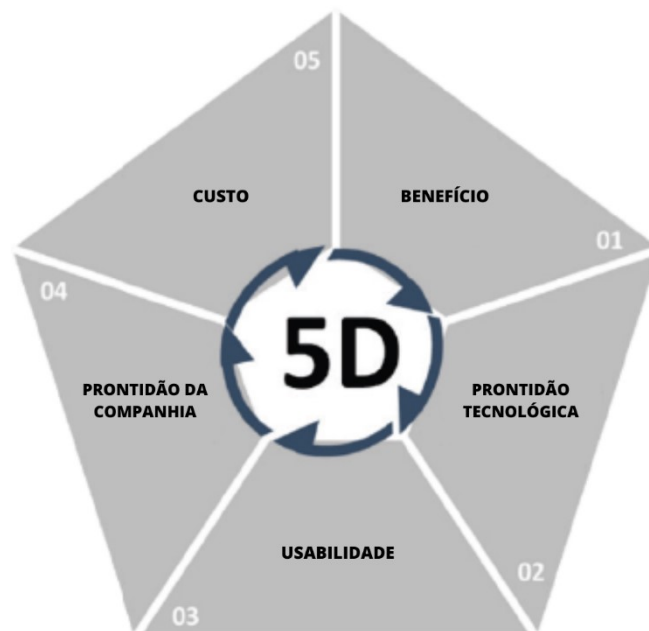
Com um aumento no volume de negócios, os portos se consolidaram como um centro para o comércio global. Wen *et al.*, (2022) defendem o uso da tecnologia para aprimorar os procedimentos de transporte portuário, visando aumentar a produtividade e a competitividade internacional. Esta abordagem busca elevar o patamar da gestão portuária, tornando-se um tema atualmente em destaque. Apruzzese *et al.*, (2023), acrescentam que as tecnologias de quinta geração apresentam um excelente desempenho particular, permitindo a captura de dados em tempo real, mesmo quando há uma grande quantidade de objetos conectados à rede. Com velocidades mais rápidas e menor intervalo de tempo, os dispositivos inteligentes podem se comunicar quase instantaneamente entre si, promovendo a adoção de aplicações de Internet das Coisas (IoT) sensíveis ao tempo, assim, é especialmente relevante nos domínios da logística e dos transportes.

Li *et al.*, (2023) expõem que a avaliação de portos inteligentes abrange três dimensões: tecnológica, ecológica e política. A dimensão tecnológica considera a aplicação de tecnologias digitais, segurança cibernética, integração e inovação. A dimensão ecológica se concentra na utilização de energia limpa e na gestão ambiental. Já na dimensão política envolve a integração com a cidade portuária e o apoio governamental. Segundo Apruzzese *et al.*, (2023), com base no programa "Porto do Futuro" de COREALIS, o Porto de Livorno, na Itália, foi palco da iniciativa "Logística do Futuro em Portos Inteligentes Sustentáveis". O propósito dessas iniciativas é evidenciar como a integração de informações provenientes de diversos dispositivos e embarcações dentro da área portuária, aliada a avanços em tecnologias de realidade aumentada e algoritmos sofisticados de controle centralizado, pode otimizar as operações de carga e descarga, além de aprimorar a segurança do pessoal envolvido.

Além disso, os autores supracitados complementam que a implementação de tecnologias e o desenvolvimento do conceito de porto inteligente também estão sendo avaliados no contexto do Porto de Le Havre. Dessa forma, a avaliação de tecnologias digitais em logística portuária é fundamental para a tomada de decisões sobre a adoção de soluções tecnológicas que possam impulsionar a eficiência em portos. Ela envolve a análise cuidadosa das necessidades específicas de cada porto, a identificação das tecnologias mais adequadas e a implementação eficaz dessas soluções.

A fim de complementar a análise para o estudo de implementação de práticas inteligentes em portos, aborda-se o método para avaliação de tecnologias digitais proposta pelos pesquisadores Bernhard *et al.*, (2021), enunciado como: “The Five Dimensions (5D) Assessment”, apresentado na Figura 3. Trata-se de uma ferramenta cíclica de avaliação de novas tecnologias a partir de cinco etapas, sendo elas: benefício, prontidão tecnológica, usabilidade, prontidão da empresa e custo. Os autores supracitados destacam que o uso do método 5D torna o processo de avaliação mais simples e abrangente, além de que, para o uso da avaliação é necessário que a tecnologia esteja alinhada com os planos e estratégia da organização.

Figura 3 – Método de Avaliação das 5 Dimensões (5D)



Fonte: Bernhard *et al.* (2021, pag. 1)

Para conduzir o estudo de avaliação, faz-se necessário o entendimento de cada etapa atribuída no processo. Ainda, Bernhard *et al.* (2021) citam que para maior aplicação do método 5D, combina-se o 5D com ferramentas/métodos de tomada de decisão. Nesse trabalho de conclusão de curso o método complementar utilizado é o *roadmap* de Dominguez (2022), descrito no tópico 2.3.

Desta forma, tem-se na primeira etapa da análise o “benefício” da tecnologia a ser adotada em um determinado processo, que representa a eficiência, a redução de custos que a tecnologia irá promover, a satisfação dos colaboradores e dentre outros. Para Bernhard *et al.* (2021) o processo de avaliação se inicia pelo “benefício”, pois visa desenvolver a motivação e a confiança da entidade que aplicará a tecnologia.

No Quadro 2, apresenta-se o modelo de avaliação de benefícios, demonstrado pelos autores supracitados que auxiliará na captura de todas as áreas, além do mais, as informações contidas no quadro são do projeto piloto avaliado pelos autores, em uma organização específica, sendo elas, pesquisa e desenvolvimento, produção, logística, finanças e departamento de recursos humanos, *supply chain* e dentre outros.

Quadro 2 – Os benefícios da tecnologia com o 5D

RPA (<i>Robotic Process Automation</i>) Tecnologia	
Área Gerência	Benefícios
Pesquisa e Desenvolvimento	Tangível: otimizar a pesquisa de patentes e coletar informações sobre novas tecnologias que serão incorporadas o produto desenvolvido.
	Intangível: aumentar a motivação e a criatividade do engenheiro ou designer, libertando-os de tarefas rotineiras como pesquisa de patentes.
Compras	Tangível: otimizar o processo de faturamento e automatizar o processo de licitação e integração de novos fornecedores.
	Intangível: aumentar fornecedor e parceiro em potencial satisfação ao acelerar o processo de fatura, licitação e integração.
Produção	Tangível: gerenciar lista de materiais e automatizar o processo de planejamento ou relatório de atividades de produção, requisitos de materiais e assim por diante.

Quadro 2 – (continuação)

RPA (<i>Robotic Process Automation</i>) Tecnologia	
Área Gerência	Benefícios
Produção	Intangível: o RPA libertar os colaboradores da rotina, cargas de trabalho e como escrever relatórios de produção.
Vendas e <i>Marketing</i>	Tangível: coletar dados sobre as preferências do cliente e as tendências do mercado. Automatizar o processo de registro de dados do cliente e melhorar o gerenciamento do relacionamento com o cliente.
	Intangível: aumentar a satisfação do cliente 24 horas por dia e 7 dias por semana. Aumentar e manter a imagem e reputação da empresa.
Logística e <i>Supply Chain</i>	Tangível: gerenciar dados de inventário e automatizar o processo de gravação de entrega (entrada de material e saída de produtos).
	Intangível: libertar os funcionários de cargas de trabalho rotineiras, como inserir dados de inventário.
Finança	Tangível: automatizar o processo de reporte e atualização da tesouraria, razão geral e tributação, além de, automatizar o processo de pagamento de funcionários.
	Intangível: evitar a corrupção através de um processo orçamental transparente e responsável.
Recursos humanos e departamento	Tangível: facilitar o processo de integração de possíveis funcionários
	Intangível: evitar o nepotismo através de um processo de recrutamento transparente e responsável.

Fonte: tradução nossa, Bernhard *et al.* (2021, pag. 3), (2023)

Os autores mencionados apontam que os “benefícios” podem ser de natureza tangível: mensurável por números e melhora na qualidade, ou intangíveis. Na sequência, a etapa dois preocupa-se em avaliar a “prontidão tecnológica”, que se caracteriza na habilidade da tecnologia, que se reflete no seu desenvolvimento tecnológico, nas expectativas do mercado e em toda sua configuração para uma implementação, com foco no modelo da organização que deseja atribuí-la.

Na etapa três, o método busca avaliar a “usabilidade” da tecnologia a ser implementada, que se destaca pela compreensibilidade, capacidade de aprendizado

e atratividade de novas tecnologias, medida com a necessidade de especialistas internos e externos. Além do mais, a “usabilidade” se trata de um conceito abrangente que diz respeito à situação em que as funcionalidades, recursos e modos de utilização de uma tecnologia se tornam mais acessíveis e simples de se compreender para os usuários (BERNHARD *et al.*, 2021). Acrescenta-se que, uma nova tecnologia é considerada de fácil utilização quando não demanda auxílio de consultores e especialistas externos para sua instalação, operação e manutenção.

Já na etapa quatro, analisa-se a “prontidão da companhia”, que segundo Bernhard *et al.* (2021), pode ser descrita como a habilidade de adequar a organização, seus colaboradores e seus dados antes de incorporar a nova tecnologia. Essa preparação muitas vezes envolve custos indiretos que podem surgir involuntariamente; como exemplo, a realização de cursos de treinamento, que desempenham um papel essencial na educação dos colaboradores para construir e fornecer-lhes as habilidades necessárias para atender às demandas da tecnologia ofertada.

Assim, Bernhard *et al.* (2021) mostram, que a organização e o fluxo do processo podem ser aperfeiçoados ao longo do tempo. No Quadro 3, são demonstradas as premissas (ações e iniciativas) destacadas para a preparação da organização, pessoas e dados, para receber uma tecnologia; nele constam os níveis do básico ao avançado para a descrição e o custo que a tecnologia irá acarretar indiretamente.

Quadro 3 - Premissas de custo de preparação

RPA (<i>Robotic Process Automation</i>) Tecnologia			
Preparação	Básico	Intermediário	Avançado
Organização	Organização sem mudança e sem custo	Organização RPA 2.0 precisa de 10 a 20% do tempo dos administradores	Organização precisa de administrador + especialistas contratados de 1 – 3 meses
	US\$ 0 – 500 /ano	US\$ 5.000 – 10.000 /ano	US\$ 20.000 – 70.000 /ano
Pessoas	Dias de treinamento: 1 – 2 dias por pessoa	Dias de treinamento: 1 – 2 dias por pessoa + 5 a 10 dias para o administrador	Dias de treinamento: 1 a 2 dias por pessoa, + a 10 dias para o administrador e, de 5 a 15 dias para o especialista
	US\$ 0 – 100 /dia	US\$ 100 – 200 /dia	US\$ 200 – 500 / dia

Quadro 3 – (continuação)

RPA (<i>Robotic Process Automation</i>) Tecnologia			
Preparação	Básico	Intermediário	Avançado
Dados	Pode processar: dados digitalizados e estruturados	Pode processar: dados não digitalizados e estruturados	Pode processar: dados não digitalizados e não estruturados

Fonte: tradução nossa, Bernhard *et al.* (2021, pag. 5), (2023)

No entanto, na etapa cinco, tem-se a avaliação do “custo” de se investir, operar e manter a nova tecnologia, desde licença de *softwares* à manutenção. Os autores supracitados relatam, que o custo nessa avaliação representa o montante financeiro que uma organização despense em relação ao investimento, às operações e à manutenção. Sendo que, esse custo varia de acordo com o tipo de tecnologia e o processo que será automatizado (BERNHARD *et al.*, 2021).

Em suma, Apruzzese *et al.*, (2023) destacam o interesse crescente em utilizar tecnologias digitais, tais como: Internet das Coisas (IoT), *blockchain*, inteligência artificial (IA) e 5G, demonstrado por diversos estudos. Essas tecnologias têm o propósito de otimizar as cadeias de suprimentos, reforçar a segurança portuária e impulsionar o desenvolvimento sustentável. No entanto, as tecnologias digitais referem-se a ferramentas, dispositivos e sistemas que utilizam dados digitais, processamento eletrônico e comunicação online para realizar diversas tarefas. Isso abrange desde softwares e aplicativos até hardware, como computadores, smartphones, tablets, além de tecnologias emergentes como inteligência artificial e realidade virtual (HANDOKO *et al.*, 2023)

Essas tecnologias são fundamentais na transformação e na evolução de diversas áreas, incluindo comunicação, saúde, educação, entretenimento e negócios. Ao adotar essas soluções inovadoras e integrá-las aos modelos e processos de negócios, os portos e demais partes interessadas podem colher diversos benefícios econômicos, sociais e ambientais, concluindo que, integração promove transformações positivas na indústria marítima.

No próximo capítulo serão descritos os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho.

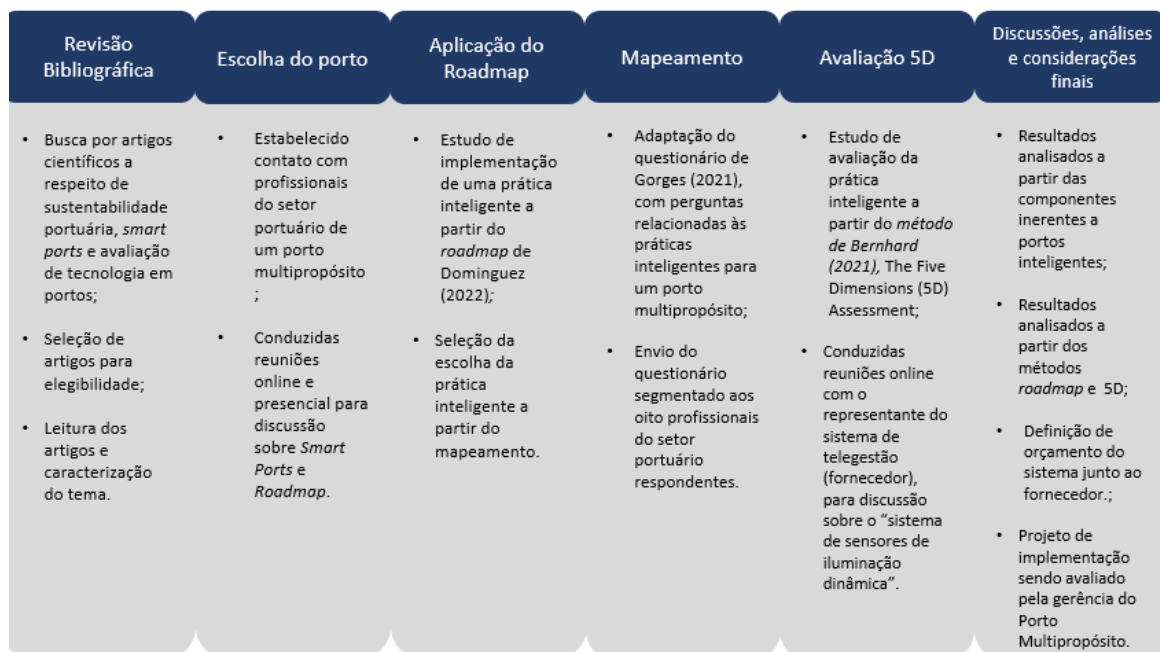
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A condução do estudo deste trabalho de conclusão de curso se deu em seis estágios, sendo o primeiro referente à revisão bibliográfica, na sequência ocorreu a definição de um porto para realizar o estudo de caso. Em seguida, a aplicação do mapeamento relacionado as atuais práticas inteligentes porto, através de um questionário, sugerido pelo trabalho de Gorges (2021), contendo adaptações para um porto multipropósito, aplicado aos gestores do porto e, a realização de visita in loco.

A partir deste mapeamento, ocorreu a escolha da prática inteligente a ser analisada no porto de estudo, utilizando os passos do *roadmap* proposto por Dominguez (2022), o que culminou em um planejamento de implementação de uma prática inteligente, contendo especificidades necessárias para tal. Ainda, utilizou-se a tecnologia/prática inteligente escolhida no estudo com o *roadmap*, para uma avaliação com o método 5D de Bernhard *et al.* (2021).

Ao final do estudo são apresentadas as discussões, análises e considerações finais que relacionam o impacto e o alinhamento com as iniciativas adotadas para o porto multipropósito, considerando inovação, estratégia e sustentabilidade. A Figura 4 esboça os procedimentos metodológicos.

Figura 4 – Fluxograma do desenvolvimento dos procedimentos metodológicos



Fonte: autoria própria (2023)

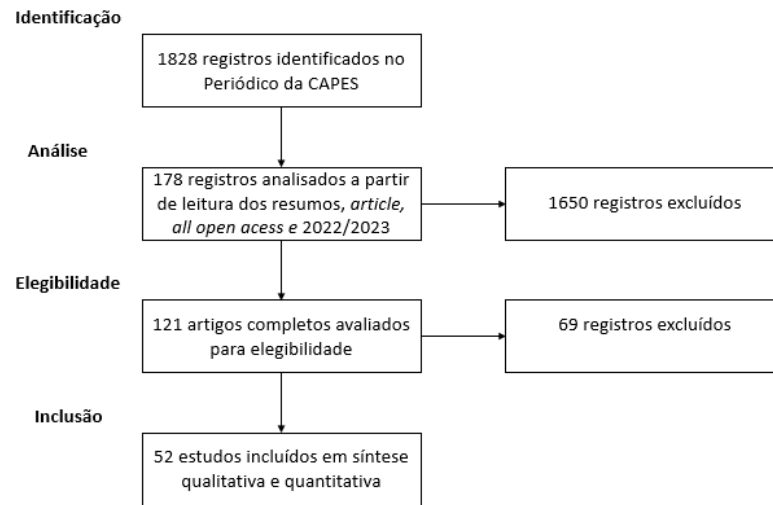
3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Realizou-se revisão bibliográfica sobre sustentabilidade portuária, *smart ports* e avaliação de tecnologias digitais para logística portuária, para identificar quais definições são mais utilizadas e aceitas no meio empresarial e acadêmico, visto que se tratam de temas recentes. Para isso, utilizou-se a plataforma de Periódicos da Capes para realizar a fundamentação teórica, considerou-se a literatura formal, em inglês e português, com foco em títulos, resumos e palavras-chave.

A base de dados empregada foi a *Scopus*, e na ferramenta de busca, pesquisou-se pelos termos: *port sustainability*, *smart ports*, *smart bulk port*, *green port*, *synchromodal port*, *roadmap*, *assessment of digital technologies for port logistic* e *digital technologies for port* publicados entre os anos de 2021, 2022 e 2023. Com relação ao termo *smart bulk port*, por estar diretamente conectado ao porto multipropósito e por constar um número relativamente baixo de artigos publicados, se comparado ao termo *smart port*, determinou-se a considerar a análise de todos os artigos encontrados durante o levantamento bibliográfico para o período de 2011 a 2023.

Em seguida, realizou-se uma revisão sistemática de literatura, baseada na abordagem *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyse* (PRISMA – Relatório Preferenciais para Revisão Sistemática e Meta-análise), proposto por Moher *et al.* (2010), apresentado na Figura 5, que utiliza métodos sistemáticos para identificar, selecionar, avaliar, coletar, analisar e resumir dados dos estudos que são incluídos na revisão (PAGE, 2021).

Figura 5 – Diagrama de fases da revisão bibliográfica sistemática

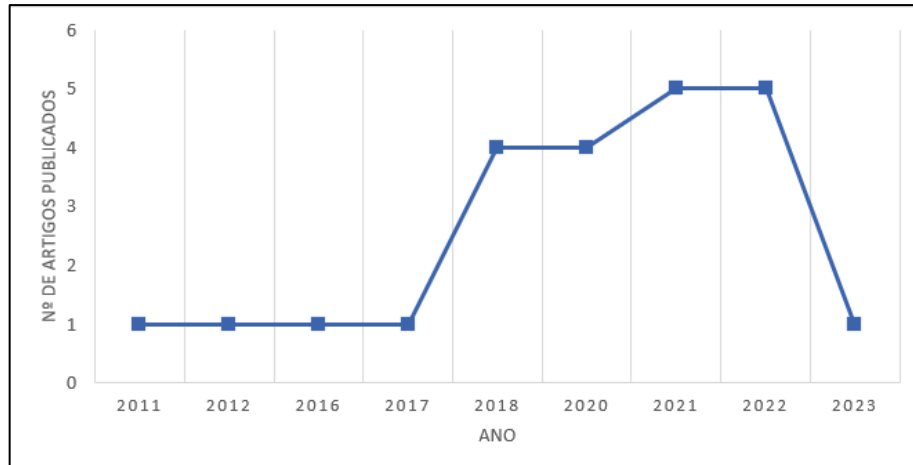


Fonte: adaptado de Moher *et al.* (2010)

Neste trabalho, por se objetivar o uso de um *roadmap* em um porto multipropósito e a avaliação da tecnologia digital da prática inteligente do estudo, identificaram-se três trabalhos chaves a serem utilizados como guia deste estudo, o de Gorges (2021), “Smart Ports: caracterização e investigação da implementação de práticas inteligentes em portos e terminais brasileiros”, o de Dominguez (2022), “*Smart Ports: desenvolvimento de um roadmap para implementação de práticas inteligentes em portos e terminais*” e, de Bernhard (2021), “*The Five Dimensions of Digital Technology Assessment with the Focus on Robotic Process Automation (RPA)*”.

Ao propor um estudo de caso em um porto multipropósito, demonstra-se na Figura 6, o número crescente de estudos publicados, relacionados à inteligência dos portos, quando considerado o termo *smart bulk port*, mostrando que nos últimos três anos o crescimento foi em média 366,67% se comparado aos anos anteriores; o baixo número de artigos relacionados ao ano de 2023, se dá por estarmos no ano corrente.

Figura 6 – Análise de publicações relacionadas ao termo *Smart Bulk Port*



Fonte: autoria própria (2023)

3.2. ESCOLHA DO PORTO

Assim como descrito no tópico 2.3., o *roadmap* possui a finalidade instruir e acompanhar a implementação de uma prática inteligente nos portos e terminais. Em seu trabalho Dominguez (2022), contou com a participação do Porto Itapoá (localizado em SC-Brasil) para realizar um projeto piloto, buscando testar e viabilizar a ferramenta (*roadmap*) proposta. Sendo o Porto Itapoá movimentador de cargas containerizadas, e sendo a proposta do presente estudo utilizar o *roadmap* em um porto multipropósito, ou seja, com cargas diversificadas, há portanto, necessidade de adaptar o modelo de Dominguez (2022).

Deste modo, diante da possibilidade de abordar vários portos no país, que se enquadrassem no objetivo do estudo, utilizou-se como critério, verificar os portos que demonstrassem interesse no mapeamento de práticas inteligentes e no estudo do *roadmap* para uma possível implementação, além de, possuírem uma série de incentivos à inovação em seu sistema. Após as análises e verificação da disponibilidade, escolheu-se para este estudo de caso, o Porto do Itaquí. Para o alinhamento e realização do estudo, realizaram-se reuniões com os agentes portuários e visita técnica ao local. Foram realizadas reuniões com representantes do porto, com duração em torno de 30 minutos cada, havendo o acompanhamento direto do Head de Inovação, nos passos realizados para coleta de dados e esclarecimento das necessidades apresentadas pelo complexo portuário.

3.2.1 Porto do Itaqui

Localizado no litoral oeste da Ilha, Baía de São Marcos, em São Luís no Maranhão, iniciou suas operações em 1972. Sendo administrado pela EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária), administração pública, ocupa uma área superficial de 5.100.000 m². O Porto do Itaqui, apresentado na Figura 7, atualmente é capaz movimentar mais de 30 milhões de toneladas de carga, com destaque para granéis sólidos, com 23 milhões de toneladas movimentadas em 2022 (PORTO DO ITAQUI, 2023).

Figura 7 – Infraestrutura do Porto do Itaqui



Fonte: Site do Porto do Itaqui, infraestrutura (2023)

Para o incentivo à pesquisa e inovação, o Porto do Itaqui, implementou o Porto do Itaqui Lab, idealizado para apresentar soluções a partir de um programa de inovação, direcionado na busca de melhorias em todo o ecossistema portuário. Dentre as iniciativas, encontra-se o Programa Farol – Residência Portuária, que concede bolsas de pesquisas a recém graduados por meio do convênio com a FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão), com o intuito de incentivar profissionais a atuarem no setor e desenvolver projetos para solucionar os desafios inseridos no ambiente portuário.

3.3. APLICAÇÃO DO ROADMAP

A fim de instruir e acompanhar a implementação de uma prática inteligente, foi necessário inicialmente realizar um mapeamento sugerido no estudo de Gorges (2021), descrito no tópico 2.2., para averiguar o cenário atual do Porto do Itaqui, quanto à implementação de práticas inteligentes. E, com a realização do mapeamento, tornou-se possível analisar as práticas inteligentes implementadas, não implementadas e em processo de implementação no porto, levando em consideração as componentes específicas atribuídas para o estudo.

Por conseguinte, devido às limitações de tempo, recursos humanos e investimento, juntamente ao porto parceiro do estudo chegou-se ao consenso de que seria possível realizar a análise de apenas uma prática inteligente e, conseqüentemente, de apenas uma das sete componentes. Ao optar por analisar apenas uma prática inteligente, a análise das práticas com maior deficiência de aderência torna-se essencial para uma escolha mais estratégica. Dessa forma, é possível selecionar a prática que apresenta maiores oportunidades de melhoria e impacto positivo no porto, com base em dados e informações coletadas durante o estudo de caso.

3.3.1. Mapeamento do cenário atual

Baseando-se no questionário proposto por Gorges (2021), um novo questionário contendo 63 perguntas foi desenvolvido, “Avaliação do uso de componentes inerentes a portos inteligentes no Porto do Itaqui – MA”, (Figura 8), sendo realizado o acompanhamento do preenchimento, de forma presencial, pelo Head de Inovação, Gerente de Tecnologia da Informação e o Diretor de Finanças e Administração, da gestão de 2022.

A autora supracitada, aplicou o questionário direcionado a tecnologias de portos movimentadores de cargas containerizadas, sendo pontual em seu questionamento sobre haver ou não haver práticas inteligentes já implementadas, nos portos/terminais participantes da pesquisa. De modo diferenciado, no presente estudo, o questionário é aplicado a um porto multipropósito, ou seja, movimentador de cargas gerais, com foco em granéis. Ainda, para o desenvolvimento deste estudo buscou-se identificar se haviam práticas inteligentes em processo de implementação.

Figura 8 – Questionário aplicado ao Porto do Itaqui



Fonte: autoria própria (2023)

Segmentou-se o questionário para oito agentes portuários respondentes, sendo eles, um diretor e sete gerentes, das áreas de administração e finanças, relação com a comunidade e responsabilidade social, tecnologia da informação, saúde e segurança, recursos humanos, meio ambiente, planejamento e, operações, no intuito de averiguar o grau de maturidade quanto às práticas inteligentes empregadas no porto.

3.4. AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DIGITAL

Neste estudo de caso, para avaliar a tecnologia digital (prática inteligente), optou-se pelo método de Bernhard *et al.*, (2021) dentre várias opções disponíveis, devido à sua estrutura adaptável direcionada à implementação, com foco na capacidade da tecnologia. Conforme descrito no tópico 2.4., a avaliação da tecnologia digital usando as cinco dimensões (5D) tem como objetivo facilitar e abranger o processo de implementação tecnológica em uma organização.

No trabalho de Bernhard *et al.*, (2021), concentraram-se na implementação da Automação Robótica de Processos (RPA) para realizar um projeto piloto. Este trabalho de conclusão de curso propõe o uso desse método de avaliação para testar e complementar o estudo de viabilidade da prática inteligente selecionada, abordada através do *roadmap* em um porto multipropósito. Por meio do *roadmap*, analisa-se contexto do cenário portuário para detectar qual prática inteligente necessita-se implementar, já na avaliação realizada com o método 5D, tem-se o ponto focal para a tecnologia no mercado e como a organização está apta a recebê-la.

Sendo assim, para este tópico, utilizou-se como base reuniões com o agente da companhia *Signify* Iluminação Brasil Ltda, adjunto da empresa inglesa *Telensa*, de aproximadamente 40 minutos cada, além da coleta de informações a partir do projeto realizado pela companhia, sobre o conceito, precificação e instalação do sistema para o porto multipropósito. Ainda, para obtenção de informações necessárias sobre o porto multipropósito na etapa 4 do método 5D, utilizou-se o mapeamento realizado no porto a partir do questionário descrito no tópico 2.2.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se as respostas dos agentes portuários atribuídas ao questionário segmentado no mapeamento; a porcentagem de práticas inteligentes implementadas, não implementadas e em processo de implementação relacionadas a cada componente inerente a portos inteligentes do estudo. Também é realizada a análise do cenário atual do Porto do Itaquí representado em um gráfico radar para visualização macro, contextualizando a visão *smart ports*.

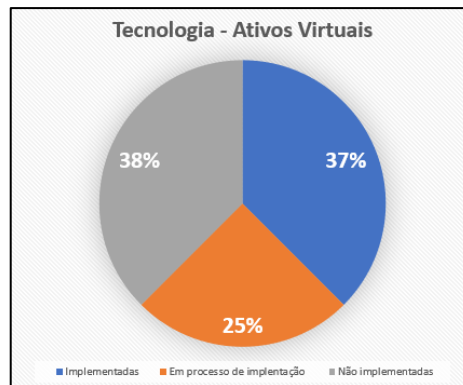
Na sequência seleção é realizada a seleção da prática inteligente, a partir de reuniões com os agentes portuários, constando as justificativas de inclusão e exclusão das mesmas, além de expor a prática inteligente escolhida para o estudo com o *roadmap*. Ainda, demonstra-se o passo a passo do estudo de implementação do sistema de iluminação com o *roadmap*, as etapas da avaliação da tecnologia “sistema de sensores de iluminação dinâmica” do 5D e, a estrutura final do *roadmap* com um resumo e a sugestão dos passos da ferramenta para um porto multipropósito.

4.1. RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Para coleta de dados, conforme mencionado anteriormente, utilizou-se um questionário com 63 perguntas referente às componentes inerentes a portos inteligentes e, conseqüentemente as práticas inteligentes que as englobam. No conjunto de perguntas, foi adicionado a cada campo, um espaço para preenchimento de observações e sugestões. O questionário foi segmentado de acordo com as componentes e funções dos gerentes respondentes. Acrescenta-se que o mapeamento foi realizado no ano de 2022, a partir do ano atual o porto pode ter apresentado evoluções na adoção de práticas.

Com relação à componente **Tecnologia – Ativos Virtuais**, apresentada na Figura 9, foram realizadas oito perguntas e após análise verificou-se que o porto se encontra com 37% das práticas implementadas, 25% das práticas em processo de implementação e 38% não implementadas.

Figura 9 – Componente: Tecnologia – Ativos Virtuais



Fonte: autoria própria (2023)

No entanto, contatou-se o Gerente de Tecnologia da Informação para responder as perguntas do questionário adaptado, relacionadas a esta subcomponente, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 4.

Quadro 4 – Perguntas e respostas para análise da componente Tecnologia – Ativos Virtuais

<p>1. Como o porto armazena os dados com os quais trabalha? Nuvem, pastas compartilhadas, computador pessoal, papel e sistema de informação.</p> <p>R.: Todas as opções apresentadas, as quais são: nuvem, pastas compartilhadas, computador pessoal, papel e sistema de informação.</p> <p>Observações do respondente: com relação a papeis, tratam-se principalmente de documentos legados. Atualmente, a maior parte dos documentos são produzidos e armazenados digitalmente, em pastas compartilhadas e sistemas de informação.</p>
<p>2. O porto possui uma equipe de inteligência de dados?</p> <p>R.: Em processo de implementação.</p>
<p>3. Há padronização e pré-processamento de dados?</p> <p>R.: Sim, os dados são padronizados e existe um pré-processamento dos mesmos.</p> <p>Observações do respondente: a área de inteligência de dados tem como fontes de dados principalmente base de dados de sistemas, porém em alguns também são utilizadas planilhas eletrônicas que requer pré-processamento para padronização dos dados.</p>
<p>4. O porto utiliza <i>machine learning</i> para o tratamento de dados?</p> <p>R.: Não é utilizado <i>machine learning</i>.</p> <p>Observações do respondente: ainda avaliando em que problemas a tecnologia poderia ser utilizada.</p>

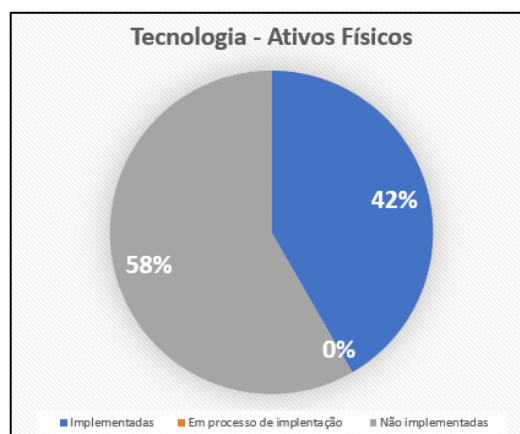
Quadro 4 – (continuação)

<p>5. O porto possui contato direto com outros portos, terminais e comunidade portuária através de um sistema unificado? (Por exemplo, através de sistemas como <i>Port Community Systems</i>, <i>PortCDM</i>, entre outros)</p> <p>R.: Parcialmente, somente com alguns atores portuários.</p> <p>Observações do respondente: O sistema TOS+ (gerenciamento de operações de cargas) concentra informações sobre operações e os atores envolvidos o acessam para entrar novas informações para consumi-las através de web-services.</p>
<p>6. Há utilização de <i>digital twin</i> ou de protótipos virtuais sincronizados (em caso de implementação de um novo equipamento)?</p> <p>R.: Não</p>
<p>7. O porto utiliza <i>blockchain</i> em algum processo?</p> <p>R.: Não</p>
<p>8. Gostaria de incluir informações que, eventualmente, poderão auxiliar na análise das práticas inteligentes no porto?</p> <p>R.: Tecnologias em estudo para utilização no Porto: RFID, <i>Machine Learning</i>, IA, IOT.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Para **Tecnologia – Ativos Físicos**, Figura 10, foram realizadas doze perguntas, entretanto, por se tratar de um porto multipropósito houveram adaptações do estudo de Gorges (2021) para esta aplicação, por estar relacionado inicialmente a práticas para portos de cargas containerizadas. Sendo assim, nesta subcomponente o porto encontra-se com 42% das práticas implementadas, sem práticas em processo de implementação e 58% das práticas não implementadas.

Figura 10 – Componente: Tecnologia – Ativos Físicos



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta subcomponente contatou-se o Gerente de Operações para responder o questionário adaptado, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 5.

Quadro 5 – Perguntas e respostas para análise da componente Tecnologia – Ativos Físicos

<p>1. Qual o tipo de carga movimentada no porto? Containerizada, Granel Sólido, Granel Líquido e Gasoso e Carga geral.</p> <p>R.: Containerizada, Granel Sólido, Granel Líquido e Gasoso e Carga geral.</p>
<p>2. Gostaria de acrescentar observações sobre as cargas movimentadas no porto?</p> <p>R.: Porto público. Concessão estadual. Autoridade portuária responsável pela infraestrutura, manutenção. Arrendatários responsáveis por suas superestruturas.</p>
<p>3. O porto conta com veículos(s) guiado(s) automaticamente (AVG) nas operações?</p> <p>R.: Não.</p> <p>Observação do respondente: No porto público este investimento é responsabilidade de arrendatários ou operadores portuários.</p>
<p>4. O porto utiliza alguma solução de rastreamento de cargas, pessoas e veículos na área operacional?</p> <p>R.: Não.</p>
<p>5. Há guindaste(s) para o manuseio de cargas? Quais:</p> <p>R.: Sim. Guindastes sobre pneus. 02 Gotwald e 01 Lieber.</p> <p>Observação do respondente: De propriedade dos operadores. 01 Gotwald da Zyran. 01 Gotwald e 01 Lieber da COPI.</p>
<p>6. O porto conta com equipamentos para automatização de movimentação de cargas? Quais:</p> <p>R.: Sim. Transportadores de correia para grãos, sendo 02 linhas de embarque do TEGRAM nos berços 100 e 103. E outra linha de embarque de grãos da VLI no berço 105. Outra linha de embarque de cobre da Vale no berço 105. Linha de descarga de carvão mineral da ENEVA no berço 101. Linha de descarga de fertilizantes da COPI no berço 101. Dutos de graneis químicos da Transpetro, Granel Multiquímica e Ultracargo nos berços 104, 106 e 108.</p>
<p>7. O porto possui <i>gate(s)</i> automatizado(s)?</p> <p>R.: Sim</p> <p>Observação do respondente: OCR para leitura de placas de veículos. Trens NÃO têm automatização.</p>
<p>8. Há sistema de sensor <i>wireless</i> no pátio, para identificação de posicionamento de cargas?</p> <p>R.: Não.</p>
<p>9. O porto possui sistema de amarração de navios automatizado?</p> <p>R.: Não.</p>

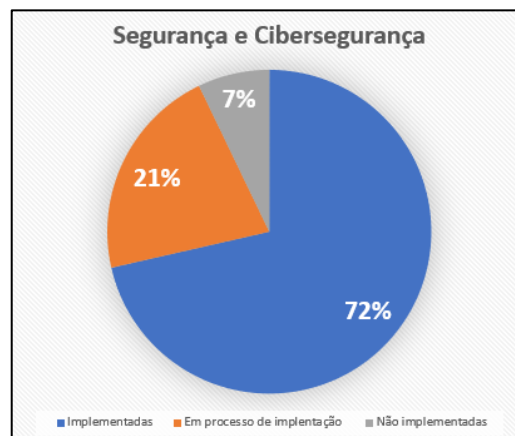
Quadro 5 – (continuação)

<p>10. O porto conta com um sistema auxiliar de acoplamento de navios? R.: Não.</p>
<p>11. Há um sistema de monitoramento meteorológico através de sensores? (coleta de dados de vento, temperatura, pressão, visibilidade, umidade, radiação solar, chuva, entre outros) R.: Sim. Observações do respondente: Dados instantâneos, <i>online</i>, de altura da maré e 6 pontos de análise de correntes marítimas. Dados meteorológicos são obtidos relatórios que demonstram o histórico. Não há previsão ou projeções meteorológicas.</p>
<p>12. Existe algum equipamento que possua inteligência implementada, que não esteja mencionado neste questionário? Se sim, qual(is)? R.: Não.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Através da componente **Segurança e Cibersegurança**, Figura 11, foram realizadas quatorze perguntas, e diante da análise, detectou-se exemplar inserção das práticas relacionadas a esta componente no porto, com 72% das práticas implementadas, 21% das práticas em processo de implementação e 7% não implementadas.

Figura 11 – Componente: Segurança e Cibersegurança



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contactou-se o Gerente de Tecnologia da Informação e a Gerente de Saúde e Segurança do Trabalho para responder o questionário adaptado, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 6.

Quadro 6 – Perguntas e respostas para análise da componente Segurança e Cibersegurança

<p>1. Há um sistema de monitoramento por câmeras? R.: Sim. Observações do respondente: cerca de 180 câmeras distribuídas na área primária, secundária e terminais de <i>ferry boat</i>.</p>
<p>2. O porto possui um sistema de segurança por biometria? R.: Sim. Observações do respondente: facial e digital.</p>
<p>3. Há um sistema de segurança por sensores e/ou <i>laser</i>? R.: Não.</p>
<p>4. O porto utiliza um sistema de OCR (reconhecimento ótico de caracteres) para identificação dos motoristas (Placas) de caminhões? R.: Sim.</p>
<p>5. O porto possui um sistema de comunicação em tempo real com as embarcações? R.: Sim.</p>
<p>6. O porto conta com sistema de rastreabilidade de cargas (através de sensores, etiquetas inteligentes)? R.: Em processo de implementação. Observações do respondente: fase de estudo, utilização de RFID para rastreamento das cargas.</p>
<p>7. Algum sistema de RFID (Identificação por radiofrequência) é utilizado para identificação de contêineres? R.: Em processo de implementação.</p>
<p>8. O porto utiliza algum sistema de RFID (Identificação por radiofrequência)? R.: Em processo de implementação.</p>
<p>9. O porto possui um Plano de Ajuda Mútua? (Resolução nº7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) R.: Sim.</p>
<p>10. Há um Plano de Controle de Emergência? (Resolução nº7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) R.: Sim.</p>
<p>11. O porto possui um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais? (Resolução nº7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) R.: Sim. Observações da respondente: PPRA foi substituído pelo PGR em janeiro de 2022.</p>

Quadro 6 – (continuação)

<p>12. O porto conta com Análise Preliminar de Riscos? (Resolução nº7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020)</p> <p>R.: Sim.</p>
<p>13. O porto conta com um sistema de monitoramento de cargas perigosas presentes no pátio/armazéns?</p> <p>R.: Sim.</p>
<p>14. O porto possui um sistema de proteção de dados/informações?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações do respondente: A EMAP possui certificação ISO 27.001 que certifica o processo de gerenciamento da segurança da informação. Possui diversas tecnologia e ferramentas para implementação e garantia dessa segurança.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Por meio da componente **Eficiência e Produtividade**, Figura 12, foram realizadas quatro perguntas, e por meio da análise, detectou-se 100% das práticas inteligentes adotadas na gestão do porto; explica-se esse resultado, através do trabalho da gerência de planejamento com indicadores de desempenho.

Figura 12 - Componente: Eficiência e Produtividade



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contatou-se a Gerente de Planejamento e o Analista de Planejamento para participar da pesquisa, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 7.

Quadro 7 - Perguntas e respostas para análise da componente Eficiência e Produtividade

<p>1. O porto possui indicadores de desempenho em todos os setores? É aplicado alguma metodologia específica? Comente.</p> <p>R.: A maior parte das Gerências. É utilizado o BSC para gestão de desempenho.</p>
<p>2. É abordado algum método para medir a componente Eficiência e Produtividade?</p> <p>R.: É utilizado a medição através de indicadores de desempenho.</p>
<p>3. Alguns dos indicadores de desempenho possuem participação da comunidade portuária? Comente.</p> <p>R.: Sim. Existem indicadores e iniciativas relacionados à interação Porto Cidade.</p>
<p>4. Gostaria de incluir informações que, eventualmente, poderá auxiliar na análise das práticas inteligentes no porto?</p> <p>R.: Sistematização e o uso da inteligência de negócios para uso da gestão da informação na tomada de decisões e diferencial competitivo.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Mediante a componente de **Gerenciamento e Estratégia**, Figura 13, foram realizadas cinco perguntas para a avaliação. Na análise observou-se 100% das práticas implementadas no porto, correspondente à iniciativa de adoção de sistema de otimização e imersão de planejamento nas operações.

Figura 13 - Componente: Gerenciamento e Estratégia



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contactou-se o Gerente de Operações para responder o questionário, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 8.

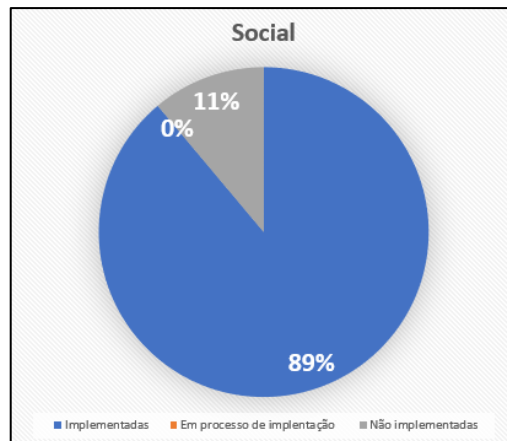
Quadro 8 - Perguntas e respostas para análise da componente Gerenciamento e Estratégia

<p>1. O porto possui um sistema de predição de tráfego de caminhões? R.: Sim. Observações do respondente: sistema de agendamento para acesso de veículos.</p>
<p>2. O porto possui um sistema de predição de tráfego de vagões? R.: Sim. Observações do respondente: janelas com horários pré-definidos de acesso de trens.</p>
<p>3. O porto possui um sistema de predição de tempo de operações dos navios? R.: Sim. Observações do respondente: Acompanhamento da produtividade (t/h) e verificação do saldo a movimentar (ton) projeção do tempo restante (h).</p>
<p>4. Existe uma infraestrutura interna para reparos em navios (com equipamentos como impressora 3D para produção de peças de reposição, pequenos componentes, mecânico especializados, entre outros)? R.: Não.</p>
<p>5. O porto possui um planejamento de manutenção e reparos de equipamentos de pátio? R.: Sim. Observações do respondente: no porto público os equipamentos são propriedade dos Operadores ou Arrendatários; o porto só é responsável pela infraestrutura.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Já para a componente **Social**, Figura 14, foram realizadas dez perguntas, obtendo-se como resultado a informação de que o porto já possui 89% das práticas inteligentes implementadas, sem práticas inteligentes em processo de implementação e 11% não implementadas, apresentando um alto índice de iniciativas positivas com a relação porto-cidade.

Figura 14 - Componente: Social



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contatou-se a Gerente de Recursos Humanos e a Gerente de Relações com a Comunidade e Responsabilidade Social para responder o questionário, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 9.

Quadro 9 - Perguntas e respostas para análise da componente Social

<p>1. A organização possui projetos sociais com a comunidade? Cite quais.</p> <p>R.: Sim. A administradora portuária desenvolve o Projeto Manguará: desenvolvimento local a partir do terminal do Cujupe; Projeto de Inovação Social: Itaqui das Comidinhas (incentivo a mulheres negras cis e trans que atuam no ramo da alimentação); Programa de Voluntariado Corporativo (que dentre outras iniciativas realiza o Natal Solidário no Cujupe). Há investimento social também no Programa Maranhão Mais Empreendedor (Apoio a 1500 pequenos empreendedores formais).</p>
<p>2. Há um programa de apoio a pescadores artesanais?</p> <p>R.: Não.</p>
<p>3. O porto possui projetos de educação ambiental com a comunidade?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: Proj. Sementes (ações de educação socioambiental no território Bacanga com objetivo de sensibilizar a comunidade quanto ao descarte indevido de resíduos).</p>
<p>4. São realizados treinamentos e capacitações com os operadores quanto à correta operação dos equipamentos?</p> <p>R.: Sim.</p>

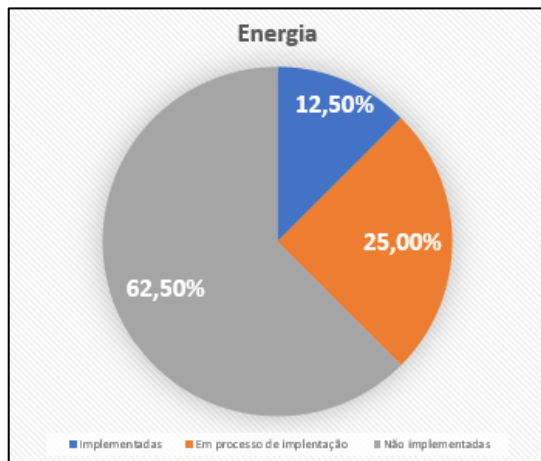
Quadro 9 – (continuação)

<p>5. Os funcionários administrativos recebem treinamentos quando uma nova ferramenta (<i>software</i>/metodologia) é implementada? Cite quais.</p> <p>R.: exemplos: Implantação do novo sistema de Gestão de Documentos - ECM, Sistema de Operação Portuária-TOS.</p>
<p>6. O porto possui cursos e treinamentos interno para funcionários?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: existem treinamentos mandatórios para todos os funcionários. Outros definidos na matriz de treinamento por função, além daqueles individuais, identificados na avaliação de desempenho.</p>
<p>7. Existe um plano de realocação de postos de trabalho (por conta da implementação de novas tecnologias)?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: até o momento, a nossa realidade enquanto administradora portuária está demandando treinamento em função da implantação de novas tecnologias. Não houve necessidade realocação.</p>
<p>8. O porto investe na capacitação dos funcionários (formação externa)?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: várias necessidades de treinamento técnico, comportamental e desenvolvimento gerencial são atendidas com suporte externo. Também há um programa de subsídio educacional para atendimento de necessidade de formação: graduação, pós-graduação e idiomas.</p>
<p>9. O porto possui um bom relacionamento com órgãos públicos, no intuito de desenvolver políticas e diretrizes do transporte marítimo?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: A EMAP enquanto empresa pública que administra o porto possui um bom relacionamento com os órgãos públicos e sempre que possível contribui com melhorias contínuas referentes às operações marítimas.</p>
<p>10. Gostaria de incluir informações que, eventualmente, poderá auxiliar na análise das práticas inteligentes no porto?</p> <p>R.: No que diz respeito a iniciativas de responsabilidade social há vários projetos desenvolvidos por terceiros que são apoiados pela empresa, como (Valoriza Mulher - TJ; Liberdade no ar - MPT; Começar de Novo - TJ; Meninas Ocupam (PLAN); além da empresa ter provocado em 2015 a criação do Comitê de Responsabilidade Social da área Itaqui Bacanga (iniciou com 6 e hoje são 16 empresas, além de duas instituições de ensino que atuam de forma interdisciplinar); ser signatário do Pacto Global (ONU); parceria com Instituições de Ensino (termos de cooperação com UEMA - Universidade Estadual do Maranhão e IEMA - Instituto de Educação do Maranhão).</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Atendendo a componente de **Energia**, Figura 15, foram realizadas quatro perguntas e, detectou-se uma discrepância com a implementação de práticas inteligentes direcionadas para esta componente, com apenas 12,50% da prática implementada, 25% de práticas em processo de implementação e 62,50% não implementadas.

Figura 15 - Componente: Energia



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contactou-se a Gerente de Meio Ambiente para responder o questionário, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 10.

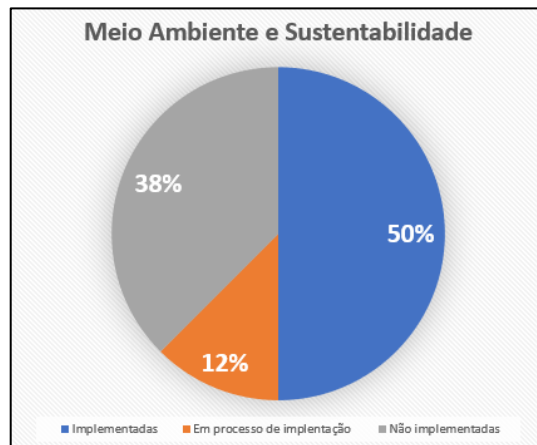
Quadro 10 - Perguntas e respostas para análise da componente Energia

1. Há um sistema de fornecimento de energia elétrica para os navios enquanto os mesmos estão atracados (permitindo que os mesmos não queimem combustível enquanto estão no porto)? R.: Em processo de implementação.
2. Há geração de energia solar para utilização nas atividades operacionais e/ou administrativas do porto? R.: Sim.
3. Há geração de energia eólica para utilização nas atividades operacionais e/ou administrativas do porto? R.: Não.
4. Há sensores de iluminação dinâmica nas instalações portuárias a fim de reduzir o consumo desnecessário de energia? R.: Não.

Fonte: autoria própria (2023)

E por fim, mas não menos importante, para componente de **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Figura 16, foram realizadas oito perguntas, constatando-se que o porto possui 50% das práticas implementadas, 12% em processo de implementação e 38% não implementadas, correspondendo à uma imersão representativa para o complexo portuário.

Figura 16 - Componente: Meio ambiente e Sustentabilidade



Fonte: autoria própria (2023)

Para esta componente contactou-se a Gerente de Meio Ambiente para participar do mapeamento de práticas inteligentes, onde as respostas são apresentadas na sequência juntamente com as perguntas no Quadro 11.

Quadro 11 - Perguntas e respostas para análise da componente Meio Ambiente e Sustentabilidade

<p>1. É realizada a reciclagem de materiais descartados dentro do porto? Se sim, é reciclado todo o material que seja passível de reciclagem; parcialmente, somente alguns tipos de materiais; os materiais são reciclados por empresas terceirizadas fora do porto; não.</p> <p>R.: Os materiais são reciclados por empresas terceirizadas fora do porto.</p>
<p>2. O porto conta com iniciativas de economia circular (objetivando que produtos, materiais e recursos sejam mantidos na economia pelo maior tempo possível e a geração de resíduos seja minimizada)?</p> <p>R.: Sim.</p> <p>Observações da respondente: O processo de reciclagem e de compostagem pertencem ao conceito de economia circular.</p>

Quadro 11 – (continuação)

<p>3. O porto possui alguma certificação ambiental? Cite quais. R.: ISO 14001.</p>
<p>4. Há limpeza/retirada de resíduos das vias hídricas adjacentes ao porto? R.: Não.</p>
<p>5. Existe uma infraestrutura interna para descomissionamento de navios? R.: Não.</p>
<p>6. Há o compartilhamento de equipamentos com outros terminais/portos? R.: Sim. Observações da respondente: Apenas material de combate a emergências.</p>
<p>7. O porto possui algum projeto de geração de crédito de carbono? R.: Em processo de implementação. Observações da respondente: temos inventário de GEE e estamos em processo de elaboração de plano de descarbonização.</p>
<p>8. Gostaria de incluir informações que, eventualmente, poderá auxiliar na análise das práticas inteligentes no porto? R.: Estamos em estudo para implantar e oferecer OPS (<i>onshore power supply</i>) e hidrogênio verde. Temos projetos e programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação que incluem soluções de inovação para temas ambientais. Temos Câmara Técnica de Mudanças Climáticas com a participação de universidades e programa Porto do Futuro com 40 milhões de investimento em pesquisa, onde uma das linhas é focada em meio ambiente e mudanças climáticas. Oferecemos desconto no tarifário para navios com bom desempenho ambiental e redução de GEE.</p>

Fonte: autoria própria (2023)

Diante disso, constatou-se que a maior parte dos respondentes já estavam familiarizados com o termo “*smart port*”, conforme evidenciado pelas respostas do questionário e das reuniões. Ainda, quatro perguntas do questionário foram direcionadas ao Diretor de Administração e Finanças, relacionadas ao conhecimento geral sobre iniciativas no Porto do Itaquí. Apresentam-se as questões no Quadro 12 respondidas na sequência.

Quadro 12 - Perguntas e respostas para conhecimento geral das iniciativas do Porto do Itaquí

<p>1. Como a diversidade de cargas influenciam diretamente na administração do porto? R.: Diferentes procedimentos para operação, diferentes controles de meio-ambiente e segurança no trabalho. Além disso, exige maior esforço para um planejamento de demanda e orçamentário (receitas/despesas/investimentos) mais aderente a realidade.</p>
--

Quadro 12 – (continuação)

<p>2. Quando ocorreu a necessidade de buscar pesquisa acadêmica nas universidades? Quais fatores influenciaram para isto? R.: Desenvolvimento de soluções para problemas portuários.</p>
<p>3. O porto possui a adoção de medidas anticorrupção? R.: Sim.</p>
<p>4. Gostaria de incluir informações que, eventualmente, poderá auxiliar na análise das práticas inteligentes no porto? R.: A implantação de práticas inteligentes nos portos/terminais precede de uma base mínima de infraestrutura de TI, governança, <i>cybersecurity</i> e sistemas oferecidos nos portos/terminais.</p>

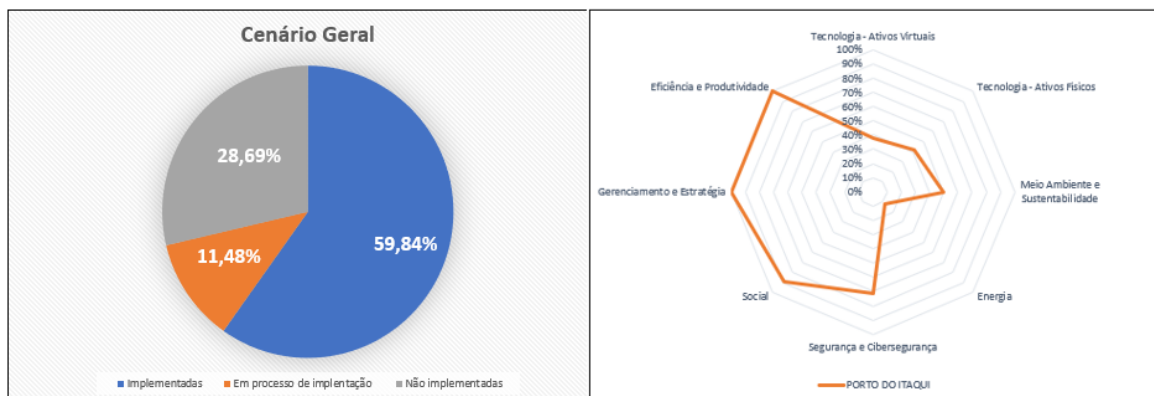
Fonte: autoria própria (2023)

Desta forma, mesmo diante de toda interação dos respondentes com o estudo de caso apresentado neste relatório, algumas práticas inteligentes específicas discutidas neste trabalho ainda foram consideradas novidade para o cenário.

4.2. MAPEAMENTO DAS PRÁTICAS INTELIGENTES

Adaptando o *roadmap* proposto por Dominguez (2022), foi possível identificar as práticas inteligentes implementadas no sistema portuário, do Itaqui (Figura 17). Como resultado, percebeu-se que o porto possui 59,84% das práticas inteligentes implementadas, 11,48% das práticas em processo de implementação e 28,69% das práticas inteligentes não implementadas.

Figura 17 - Síntese do conjunto de práticas inteligentes implementadas no Porto do Itaqui



Fonte: autoria própria (2023)

Do total de 59 práticas analisadas e 7 componentes, verificou-se que as componentes **Meio ambiente e Sustentabilidade**, **Tecnologias – Ativos Físicos**, **Tecnologias – Ativos Virtuais** e, **Energia** apresentaram os menores índices de implementações, com 50%, 42%, 37% e 12,50% respectivamente.

Por meio desta análise, direcionou-se o foco de verificação na componente Energia por apresentar o menor índice e, seguido disto, buscou-se com as respostas do questionário justificar as informações atribuídas a ela. As práticas inteligentes analisadas, relacionadas à componente de Energia foram: fornecimento de energia aos navios, geração e utilização de energia solar, geração e utilização de energia eólica e utilização de sensores de iluminação dinâmica.

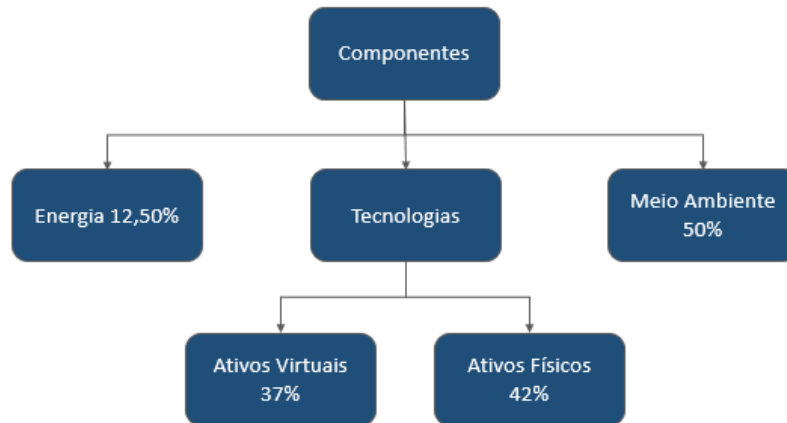
Do total de práticas atribuídas à Energia, o porto não possui a geração de energia solar, mas a utiliza a partir de uma fonte terceirizada; além do mais, está em estudo a implementação do fornecimento de energia para navios.

O ex-presidente do porto, da gestão 2015 – 2022, relatou uma alta preocupação com energias renováveis, já que o porto não possui um índice considerável de práticas implementadas relacionadas a este tema. Argumentou sobre a dificuldade de implementações relacionados a portos públicos, diferente do que ocorre em portos privados. Ainda, relatou que algumas práticas não estavam entre as metas do porto para implementação, dentre elas estão: infraestrutura interna para reparos de navios, infraestrutura interna para descomissionamento de navios.

4.3. SELEÇÃO DA PRÁTICA INTELIGENTE

A partir da realização do mapeamento foi possível escolher a prática inteligente ainda não implementada no porto, para a continuidade do estudo, utilizando o *roadmap*. Diante da análise das componentes atribuídas com as menores porcentagens de implementação, apresentadas na Figura 18, e em consonância com os gestores do porto do Itaqui, escolheu-se a componente Energia para dar a sequência do estudo diante do cenário descrito no tópico 4.2, e assim, apresenta-se neste tópico a seleção da prática inteligente.

Figura 18 - Componentes inerentes a porto inteligentes com menores índices de implementação no Porto do Itaqui



Fonte: autoria própria (2023)

Tanto a escolha da componente no estudo, quanto a prática inteligente selecionada foram discutidas em reuniões com os agentes portuários. A abordagem de seleção contou com quatro etapas, dentre elas estão: 1) o descarte de práticas que não estavam entre as metas de implementação do porto, 2) selecionar uma prática que não havia sido explorada, 3) não abordar as práticas que já estivessem em estudo por pesquisadores conveniados ao porto e, 4) atribuir uma prática inteligente que estivesse alinhada com as iniciativas futuras do porto.

Dentre as justificativas para a inclusão e exclusão das práticas inteligentes, demonstra-se parte dos argumentos relacionados pelos agentes portuários no Quadro 13.

Quadro 13 - Justificativas da inclusão e exclusão das práticas inteligentes

Componente	Indicador Global	Indicador Especifico Prática Inteligente	Justificativa	Situação
Energia	Fornecimento	Fornecimento de energia aos navios	Esta prática inteligente encontrou-se em processo de implementação pela gerência e para aplicação necessita-se uma revisão da fonte de energia distribuída	Excluída

Quadro 13 – (continuação)

Componente	Indicador Global	Indicador Especifico Prática Inteligente	Justificativa	Situação
Energia	Energia Limpa	Geração e utilização de energia solar	Argumentou-se que o porto investiu milhões recentemente, para a utilização de energia renovável distribuída por uma central terceirizada	Excluída
Energia	Energia Limpa	Geração e utilização de energia eólica	Para esta prática, houve o argumento do investimento recente do porto em energia renovável, assim como descrito no tópico acima, justificando-se que esta prática seria um projeto a longo prazo e, que não se enquadraria na abordagem determinada pelo tempo desta pesquisa	Excluída
Energia	Iluminação	Utilização de sensores de iluminação dinâmica	Esta prática instigou-se interessante para o cenário atual do porto, justificado por haver fiscalizações na área primária e necessitar-se de melhorias na iluminação	Incluída
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e Informações	Equipe de inteligência de dados	Esta prática instigou-se interessante, devido ao alto recebimento de informações de diferentes tipos do complexo portuário. Ter uma equipe de inteligência auxiliaria na análise de dados	Incluída

Quadro 13 – (continuação)

Componente	Indicador Global	Indicador Especifico Prática Inteligente	Justificativa	Situação
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e Informações	Utilização de <i>machine learning</i> para tratamento de dados	No mapeamento realizado, o gerente de tecnologia e informação, mencionou que estava em busca para se informar como utilizar esta prática inteligente no porto, se bem direcionada, poderia auxiliar significativamente nos processos	Incluída
Tecnologia – Ativos Virtuais	Controle	Utilização de <i>digital twin</i> para novos equipamentos	Utiliza-se esta prática inteligente com recorrência em simuladores. No Porto do Itaqui, no momento, já estava sendo realizado um trabalho para adoção desta prática com o estudo de descarga de grãos	Excluída
Tecnologia – Ativos Físicos	Movimentação de carga	Sistema de sensor <i>wireless</i> para posicionamento de cargas	Ao ser analisada em conjunto com o time de inovação, está prática no cenário portuário, aplica-se para cargas containerizadas. Sendo o Porto do Itaqui, um porto multipropósito direcionado a granéis, não houve interesse no estudo de implementação desta prática	Excluída

Quadro 13 – (continuação)

Componente	Indicador Global	Indicador Especifico Prática Inteligente	Justificativa	Situação
Tecnologia – Ativos Físicos	Atracação de navios	Sistema de amarração de navios automatizados	No Maranhão encontra-se uma das maiores variações de maré do país, sendo de aproximadamente 7 metros, considerando esta variável, não houve interesse no estudo de adoção desta prática	Excluída
Tecnologia – Ativos Físicos	Condições Climáticas	Sistema de monitoramento oceanográfico com sensores	Esta prática inteligente é de suma importância para o porto, no momento do mapeamento realizado, encontrava-se aberto um edital da FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão), onde foram selecionados alguns temas de pesquisadores para o estudo neste segmento	Excluída

Quadro 13 – (continuação)

Componente	Indicador Global	Indicador Especifico Prática Inteligente	Justificativa	Situação
Segurança e Cibersegurança	Operacional	Rastreabilidade de cargas	Nesta prática há a mesma analogia sobre estar direcionada a cargas contêinerizadas, por mais que houvesse movimentação de contêineres no Porto do Itaquí, havia um projeto para a paralização das movimentações, desta forma, optaram-se por não abordarem esta prática inteligente	Excluída
Segurança e Cibersegurança	Operacional	Sistema RFID de leitura	De acordo com o mapeamento, esta prática encontrava-se em processo de implementação no porto, em fase de estudos, para ser aplicada no sistema logístico de operações	Excluída
Segurança e Cibersegurança	Patrimônio	Sistema de segurança por sensores/laser	No cenário portuário atual, esta prática já estava sendo utilizada e supre as necessidades de segurança do porto	Excluída

Fonte: autoria própria (2023)

Desta forma, apresentam-se na Quadro 14, as cinco práticas inteligentes filtradas a partir de reuniões com os agentes portuários, de acordo com as necessidades e cenário atual do porto, para uma avaliação final.

Quadro 14 - Componentes inerentes a porto inteligentes com menores índices de implementação no Porto do Itaquí para avaliação final

Componente	Indicador Global	Indicador Específico Prática Inteligente	Status no porto	Situação
Energia	Iluminação	Utilização de sensores de iluminação dinâmica	Não implementado	Incluída
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e Informações	Equipe de inteligência de dados	Em processo de implementação	Excluída
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e Informações	<i>Machine Learning</i> para tratamento de dados	Não implementado	Excluída
Tecnologia – Ativos Virtuais	Segurança	Utilização de <i>Blockchain</i>	Não implementado	Excluída
Segurança e Cibersegurança	Operacional	Sistema RFID de leitura	Em processo de implementação	Excluída

Fonte: autoria própria (2023)

Sendo assim, após uma nova avaliação feita pelos agentes portuários, a prática inteligente adotada para o estudo com o acompanhamento do *roadmap* foi, utilização de sensores de iluminação dinâmica e, devido a infraestrutura do porto prestar assistência, apoio e segurança, esta prática tornou-se uma escolha interessante e pontual, já que a componente Energia apresentou-se com a menor porcentagem de implementação no mapeamento e a prática inteligente poderá proporcionar o aumento da seguridade relacionada à luminosidade.

4.4. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO COM O ROADMAP

Seguindo os 9 passos propostos no *roadmap* de Dominguez (2022), tem-se a seguir o desenvolvimento da análise. Destaca-se que nesta fase do estudo, foi necessário realizar a inversão de alguns passos, para coletar os dados de forma otimizada e eficiente do porto multipropósito (Porto do Itaquí).

1º) Passo 4 – Estado Atual: antes de ser definida a componente e prática inteligente a ser estudada para a implementação, decidiu-se antecipar a fase de levantamento do estado atual; justifica-se pelo mapeamento realizado no porto, como descrito no tópico 4.2, que permitiu uma verificação macro de todas as componentes e práticas inteligentes já inseridas no complexo portuário do Itaqui. Isso foi feito para permitir uma escolha mais estratégica da prática a ser trabalhada. Deste modo, avaliou-se selecionar a componente com menor índice de implementações e a prática inteligente inserida neste cenário.

2º) Passo 1 – Componente: utilizou-se como base para este passo, o mapeamento descrito no tópico 4.2 e, através das análises do Estado Atual e reuniões com os agentes portuários selecionou-se a componente Energia para dar continuidade ao estudo, segundo as carências do porto, que possui 12,50% de práticas implementadas, 25% de práticas em processo de implementação e 62,50% de práticas não implementadas.

3º) Passo 2 – Prática Inteligente: diante das práticas abordadas relacionadas à componente Energia, em consonância com os agentes portuários do Itaqui, foi selecionada a prática, “utilização de sensores de iluminação dinâmica”, a qual nos referimos no mercado tecnológico como “sistema de sensores de iluminação dinâmica”. De acordo com a definição da Inlucce (2021), a iluminação dinâmica refere-se à capacidade de controlar e ser controlada digitalmente. É uma forma mais flexível e responsiva de iluminação, capaz de imitar a progressão natural da luz do dia, ajustando a intensidade luminosa e a temperatura de cor de acordo com as necessidades específicas de um determinado ambiente.

Sendo assim, tem-se um sistema mais eficiente para alcançar a sustentabilidade no desenvolvimento portuário, capaz de conduzir uma avaliação abrangente do desempenho, abordando os diversos recursos e componentes da atividade que requerem controle e monitoramento. A busca pelo êxito ambiental exige uma transformação nos paradigmas dos participantes, trilhando etapas e protocolos que direcionarão os esforços rumo à prática sustentável, podendo ser refletidos através de indicadores (PEREIRA, 2021). A fim de compreender com mais detalhes a

prática inteligente e verificar seu impacto no porto, avaliou-se a mesma através do método 5D, apresentado no tópico 4.5.

4º) Passo 3 – Estado Desejado: segundo Philipp *et. al.* (2021), os portos enfrentam desafios significativos relacionados ao consumo de energia e às emissões de poluentes, resultando em impactos ambientais. Atualmente, há uma crescente necessidade de os portos assumirem responsabilidades na proteção ambiental e enfrentarem problemas de poluição. Dessa forma, isso implica em buscar soluções que permitam melhorar a eficiência energética, reduzir emissões e adotar práticas mais sustentáveis.

Neste cenário, almeja-se com estudo de implementação do “sistema de sensores e iluminação dinâmica” para Porto do Itaquí, que este, esteja no caminho de oferecer uma infraestrutura inteligente, direcionado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), possuindo energia acessível e limpa, a fim de transformar-se em um porto de próxima geração: inteligente, sincromodal e verde, como mencionado no tópico 2.1.

5º) Passo 9 – Atores Envolvidos: durante todo o processo de implementação da prática escolhida, é essencial a participação de vários colaboradores. Inicialmente, especialistas estão envolvidos no planejamento e acompanhamento do processo. Parceiros de universidades são também importantes para fortalecer a pesquisa científica de alto nível. Além disso, agentes portuários desempenham um papel crucial na execução da prática, enquanto empresas são responsáveis pela concretização da estrutura necessária. Ao longo da realização do plano no porto, é possível que outros contribuintes surjam para agregar valor ao projeto. Neste cenário, tem-se como atores envolvidos neste estudo, a academia (pesquisadores) da Universidade Federal de Santa Catarina, agentes portuários do Porto do Itaquí e o agente fornecedor do sistema da *Signify* Iluminação Brasil Ltda, adjunto da companhia inglesa *Telensa*.

6º) Passo 5 – Toolkit: conforme Dominguez (2022) descreve, o passo 5 da aplicação do *roadmap* está relacionado ao conjunto de ferramentas envolvidas no processo de implementação, relacionando-as à prática inteligente do estudo. Sendo assim, para o entendimento de quais ferramentas são necessárias para a implementação de um “sistema de sensores de iluminação dinâmica”, foi realizada uma reunião de

aproximadamente 40 minutos, com um agente da companhia *Signify* Iluminação Brasil Ltda, adjunto da empresa inglesa *Telensa*, a qual fornece o sistema de telegestão para a iluminação, com o objetivo de efetuar uma cotação para a implementação do sistema no porto do Itaquí. O agente *Signify* realizou uma apresentação e destacou os principais itens necessários, sendo eles, um *hardware* (computador), um sistema de gestão central *Telensa PLANet*, que inglês se refere a *Public Lighting Active Network*, sendo um IoT (*Internet of Things*) com interface gráfica de usuário, telecélulas, estações base (*Gateway*), poste de iluminação e lâmpadas LED.

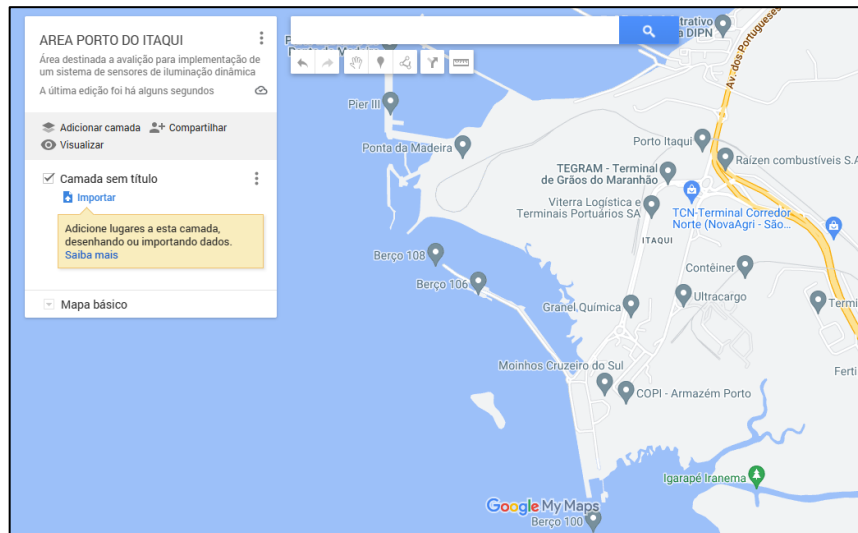
7º) Passo 6 – Nível de Implementação: a adoção do “sistema de sensores de iluminação dinâmica” em portos é uma temática pouco explorada até o momento, além de possuir poucos dados disponíveis nos sites dos portos que são referência mundialmente. Para este estudo, foram encontrados quatro *cases* de implementação do sistema, nos portos localizados no Reino Unido, Holanda e Espanha. Ademais, para embasar a prática inteligente selecionada, foram utilizadas principalmente referências de empresas do setor de iluminação que estão inseridos no contexto de *smart cities*, sendo respectivamente, *Inlluce*, *Telensa* e *Signify*.

De acordo com Dominguez (2022), no uso do *roadmap* as práticas inteligentes podem ser categorizadas entre os níveis básico, intermediário e avançado de inteligência, destacando que, pode haver subdivisão interna em uma mesma prática, à medida que a implementação de tecnologias e ações para aumentar a inteligência são progressivas. Desta forma, para o “sistema de sensores de iluminação dinâmica” atribuído a este estudo para o Porto do Itaquí, considera-se o nível de inteligência avançado, por ser um sistema inovador no cenário portuário e, escalou-se a implementação como intermediária, por inicialmente ser avaliado em uma área descrita no Passo 8, de aproximadamente 6 hectares e, devido ao porto possuir parte dos itens necessários, tais como: postes de iluminação e projetores com lâmpadas LED.

8º) Passo 8 – Custo: Dominguez (2022), descreve que o custo de implementação da prática inteligente a ser adotada, deve ser determinado a partir de fornecedores, fabricantes, mão de obra e pesquisa de mercado, sendo classificado entre os níveis baixo, médio e alto. Para avaliar o custo da implementação do sistema, foi recomendado pelo agente da *Signify* (fornecedor), adjunto da *Telensa*, selecionar a

zona do porto que o adotaria, além de coletarmos os dados da quantidade de postes de iluminação e de quais tipos são as luminárias possui o local. Diante disto, para definir o dado relacionado a zona/área portuária, utilizou-se a ferramenta do Google, *My Maps*, Figura 19.

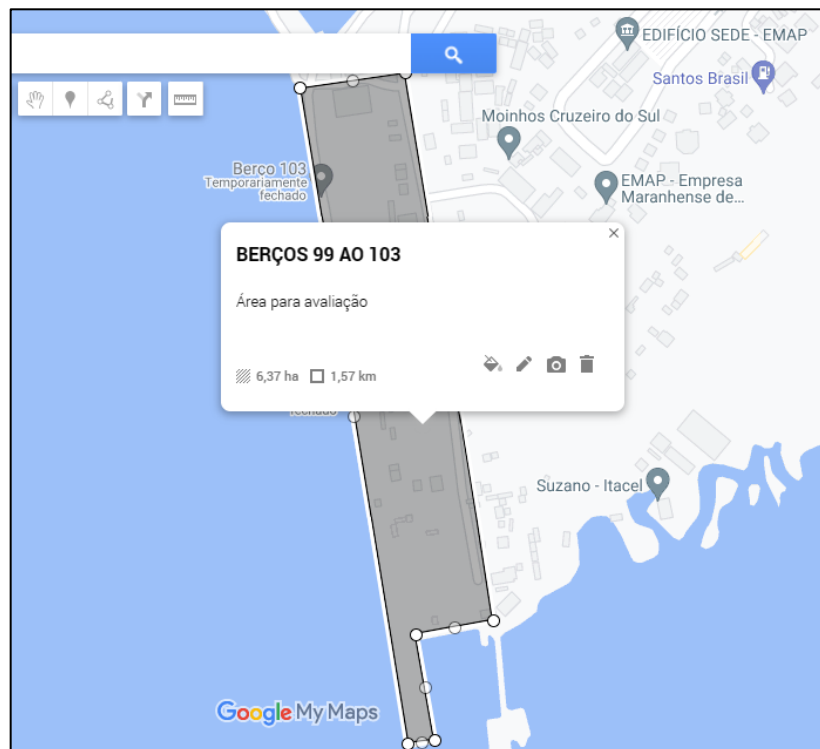
Figura 19 – Interface da ferramenta do google *My maps*



Fonte: *My Maps*: ferramenta do Google (2023)

A ferramenta *My Maps*, atribuída neste estudo auxilia no cálculo da área desejada a partir de uma seleção, demonstrando-a em quilômetros e hectares. Na Figura 20, apresenta-se a zona selecionada do Porto do Itaqui para uma simulação da adoção do sistema, sendo a área primária, dos berços 99 ao 103 onde há a atracação de navios, constando-se na medida 6,37 hectares a ser avaliada.

Figura 20 – Área primaria selecionada do Porto do Itaqui para a avaliação do sistema



Fonte: autoria própria (2023)

Para coletar os dados da quantidade de postes de iluminação e para averiguar quais são os tipos de luminárias existentes na área selecionada do porto, foi necessário solicitar as informações através do time de inovação e a ouvidoria do Porto do Itaqui, visando manter dados seguros e reais para a validação deste estudo e, uma avaliação de custos condizente. Sendo assim, na área demonstrada pela Figura 20, temos 308 projetores do tipo LED distribuídos entre os berços 99 ao 103; estes elementos foram avaliados para receber os dispositivos de controle a serem monitorados pelo sistema de telegestão da *Telensa*.

Após a cotação, tem-se que o custo correspondente à implementação do sistema e o fornecimento dos acessórios necessários, que são de aproximadamente US\$60.000,00. O fornecedor ao realizar a avaliação para a cotação, esclarece que o valor não inclui a instalação dos acessórios nos postes de iluminação. Deste modo, aplica-se esta cotação no *roadmap* como um custo nível intermediário, se correlacionado com os investimentos recentes realizados no porto.

9º) Passo 7 – Prazo: Neste contexto, o prazo de implementação é classificado, segundo Dominguez (2022), entre curto, médio e longo; destacando-se que a classificação dos prazos pode ser estabelecida de maneira diferente de um porto para o outro. De acordo com a cotação realizada do sistema, o prazo de execução estimado é de aproximadamente dois meses. Desta forma, classifica-se no *roadmap* o prazo de implementação como curto.

4.4.1. Síntese do estudo com a estrutura completa do *roadmap*

Conforme mencionado no tópico 2.3, a estrutura para a aplicação é tão crucial quanto os passos do plano de ação (*roadmap*), pois se diferencia pela organização no desenvolvimento, análise da execução e pela procura da melhor representação visual do processo. Destaca-se que, no presente momento do progresso deste trabalho de conclusão de curso, a implementação da prática inteligente no porto se encontra em avaliação pelos agentes portuários. Por fim, apresenta-se na Figura 21 a estrutura atual do *roadmap*, com a síntese do estudo para uma implementação da prática inteligente no Porto de Itaquí.

Figura 21 - Estrutura com a síntese do estudo de implementação a partir do *roadmap* com a prática inteligente abordada no Porto do Itaquí

COMPONENTE	PRÁTICA INTELIGENTE	ESTADO DESEJADO	ESTADO ATUAL	FERRAMENTAS	NÍVEL	PRAZO	CUSTO	ATORES ENVOLVIDOS
ENERGIA	Sistema de sensores de iluminação dinâmica	Aumentar a eficiência energética, diminuir as emissões e ofertar seguridade com a luminosidade adaptável.	Utilização de energia renovável de uma fonte terceirizada e buscando iniciativas para adotar novas ações no cenário portuário.	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de gerenciamento IoT Postes de iluminação Lâmpadas LED Dispositivos com GPS 	Intermediário	Curto	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ ⌘ 	<ul style="list-style-type: none"> Membros da universidade Federal SC Autoridades Portuárias do Porto do Itaquí Time de inovação do Porto do Itaquí Signify - Fornecedor do sistema TELENSA

Fonte: autoria própria (2023)

Assim sendo, constatou-se que a escolha estratégica da prática abordada nestes passos, poderá contribuir significativamente para a realização de melhorias no desempenho geral do porto e para a consolidação da sua posição rumo a um porto *smart port* e *green port* de sucesso. No mais, os portos inteligentes devem ser capazes

de aprimorar significativamente a sua eficiência energética por meio de tecnologias e devem possuir características ambientais verdes e com baixas emissões de carbono, (LIM *et al.*, 2019). Inclusive, Sifakis *et al.*, (2021) também destacam a importância do ambiente ecológico, incluindo o consumo de energia e o uso de energias renováveis.

4.5. ESTUDO DE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA COM 5D

Seguindo as 5 etapas propostas no método de avaliação 5D de Bernhard *et al.* (2021), tem-se a seguir o desenvolvimento da análise. Para esta avaliação, utiliza-se a tecnologia escolhida pelos agentes portuários do Itaqui, por meio do estudo com o *roadmap* descrito no tópico 4.4, a “utilização de sensores de iluminação dinâmica”, a qual é referida no mercado tecnológico como “sistema de sensores de iluminação dinâmica”. Com isso, para se obter as informações detalhadas sobre a tecnologia contatou-se o agente da companhia *Signify* Iluminação Brasil Ltda, adjunto da empresa inglesa *Telensa*.

1º) Etapa 1 – Benefício: Bernhard *et al.* (2021) descrevem, que o processo de avaliação se inicia pelos benefícios, pois isto auxiliará a criar motivação e confiança na organização para a aplicação. Por meio da adoção de tecnologias mais limpas, práticas de trabalhos mais sustentáveis e um gerenciamento eficiente de resíduos é possível agregar valor ao setor portuário, mas para que o mesmo prospere a longo prazo, a sustentabilidade deve ser incorporada em todas as ações.

Isso significa pensar em como pode-se operar de forma mais eficiente, reduzindo as consequências negativas no meio ambiente, podendo garantir que os portos possam continuar operando no futuro; o grande desafio é equilibrar as demandas econômicas com a responsabilidade ambiental, no entanto, com a tecnologia e a inovação certas, há possibilidade de alcançar este equilíbrio (GUERRA, 2023).

Segundo a companhia *Telensa* (2023), o “sistema de sensores de iluminação dinâmica”, o qual ofertam, substitui luminárias antigas por luminárias LED mais eficientes em termos energéticos, permitindo o controle remoto e individualizado da iluminação de área, usando uma rede sem fio dedicada a um aplicativo de gerenciamento central. Ainda, a tecnologia promete reduzir custos de energia e manutenção, melhorar a qualidade do serviço com relatórios automáticos de falhas,

além de fornecer dados de energia, status das luzes e desempenho geral, permitindo que cada equipe de gerenciamento do porto tenha acesso a informações relevantes.

Signify (2023), acredita que a digitalização é considerada essencial para a iluminação, deste modo, a implementação de controladores de campo que possibilitam a coleta de dados em tempo real sobre o desempenho, o consumo e as falhas, contribui para aprimorar a operação e promover a transparência. Ainda, a companhia supracitada acrescenta que, ao fornecer o “sistema de sensores de iluminação dinâmica”, a organização é beneficiada com os seguintes itens: fornecimento do sistema de controle *Telensa PLANet*, documentação técnica e de manutenção, suporte local, gerenciamento de projeto de telegestão, programação e comissionamento do sistema de controle e, a licença e garantia do sistema por dez anos.

No trabalho de Bernhard *et al.* (2021), são descritos os benefícios de acordo com as áreas envolvidas em seu projeto piloto. A seguir, no Quadro 15, apresentam-se os benefícios da tecnologia identificados por cada representante de área do porto do multipropósito, direcionadas neste trabalho de conclusão de curso.

Quadro 15 - Os benefícios do sistema de sensores de iluminação dinâmica

Sistema de Sensores de Iluminação Dinâmica	
Área Gerência do Porto	Benefícios
Administração	Tangível: reduzir os custos relacionados ao consumo de energia na área primária do porto a longo prazo.
	Intangível: isentar um investimento significativo em tecnologia e infraestrutura para a implementação que um sistema de sensores de iluminação dinâmica pode demandar.
Tecnologia da Informação	Tangível: aprimoramento no trabalho com sistemas de telegestão e captação de dados em tempo real sobre o desempenho, consumo, falhas e procedimentos de solução de problemas. A capacidade dos usuários para gerenciar até 5.000 telecélulas, onde, acessam a interface por meio de um navegador da <i>web</i> padrão. O monitoramento de cada um dos nós de controle dos dispositivos instalados nos postes de iluminação, que incluem um chip GPS.
	Intangível: extinguir a integração do sistema com outras plataformas e qualquer trabalho de TI, que não sejam essenciais para sua utilização.

Quadro 15 – (continuação)

Sistema de Sensores de Iluminação Dinâmica	
Área Gerência do Porto	Benefícios
Operações	<p>Tangível: minimizar as falhas inerentes à iluminação, garantir a iluminação adequada para as operações no cais e solucionar problemas com a visibilidade em temporadas chuvosas. Execução de instalação rápida sem agredir o meio ambiente, em postes que já possuem na área primária. Com tudo, cada equipe pode gerenciar suas próprias luzes.</p>
	<p>Intangível: eliminar a manutenção regular que os sistemas dinâmicos podem exigir, especialmente em ambientes portuários que enfrentem condições climáticas adversas.</p>
Meio Ambiente	<p>Tangível: o monitoramento e controle de iluminação pública externa usando padrões internacionais. A medição da luz ambiente ao amanhecer e ao anoitecer e, luminárias programadas para mudar de acordo com os níveis de luz estipulados. Além, das comunicações sem fio seguras e de baixo consumo de energia para se comunicar com telecélulas.</p>
	<p>Intangível: evitar o controle de descarte inadequado de luminárias e componentes eletrônicos que podem resultar em resíduos que impactam negativamente o meio ambiente se não forem gerenciados adequadamente.</p>
Saúde e Segurança	<p>Tangível: melhorar o ambiente de trabalho a partir da iluminação dinâmica, proporcionando níveis ideais de iluminação para diferentes tarefas e horários, potencialmente aumentando a produtividade e a segurança.</p>
	<p>Intangível: isentar a adaptação por parte dos colaboradores e da equipe de gestão que a mudança para um sistema de iluminação dinâmica pode exigir.</p>
Recursos Humanos	<p>Tangível: treinamentos para o uso e funcionalidades do sistema, bem como suas características e manutenção. A capacidade de ajustar a iluminação pode oferecer mais flexibilidade aos colaboradores para criar um ambiente de trabalho mais confortável e adaptado às necessidades.</p>
	<p>Intangível: se não for gerenciada adequadamente, a iluminação dinâmica pode ter efeitos adversos na saúde visual e no bem estar dos colaboradores, como fadiga ocular ou dores de cabeça.</p>
Relações com a comunidade e Responsabilidade social	<p>Tangível: melhora na segurança na área portuária que uma iluminação dinâmica eficiente pode proporcionar, oferecendo melhor iluminação para os colaboradores, visitantes e comunidades locais. Isso pode aumentar o senso de segurança e bem-estar na região.</p>

Quadro 15 – (continuação)

Sistema de Sensores de Iluminação Dinâmica	
Área Gerência do Porto	Benefícios
Relações com a comunidade e Responsabilidade social	Intangível: a aceitação da iluminação dinâmica pela comunidade pode variar. Alguns podem ver como uma melhoria, enquanto outros podem se opor à mudança devido a preocupações estéticas ou ambientais.
Planejamento	Tangível: coleta de indicadores de desempenho por meio da transição energética e avaliar a redução de consumo. Inventário digital de todos os ativos de iluminação.
	Intangível: extinguir o monitoramento dos registros coletados pelo sistema de iluminação.

Fonte: autoria própria (2023)

Avaliação: a decisão de implementar o sistema de telegestão para iluminação dinâmica deve estar alinhada com os planos estratégicos do porto para reduzir a carga gerencial em face de novas iniciativas. Embora o Quadro 15 destaque os possíveis benefícios da implementação do sistema, é importante considerar que a magnitude desses benefícios está intrinsecamente ligada ao nível de aplicação do processo. Se implementada com precisão, de acordo com Telensa (2023), essa tecnologia pode agregar alto valor e contribuir em torno de 30% para a redução do consumo de energia, permitindo-os se elevar mais um grau rumo as ações sustentáveis.

2º) Etapa 2 – Prontidão Tecnológica: no contexto, Bernhard *et al.* (2021) apontam, que a prontidão tecnológica se refere à capacidade de uma tecnologia estar preparada, desenvolvida e disponível para o uso prático em determinada aplicação. Simultaneamente, “sistema de sensores de iluminação dinâmica” em portos referem-se a infraestruturas que incorporam sensores avançados para monitorar e ajustar dinamicamente a iluminação em áreas portuárias. A prontidão tecnológica para o sistema supracitado varia de acordo com a disponibilidade de diferentes soluções e a sua adoção em larga escala no mercado mundial.

Hoje, existem tecnologias avançadas disponíveis, mas a implementação em diferentes setores e regiões podem variar, sob o mesmo ponto de vista, o sistema utiliza tecnologias como: sensores de movimento, sensores de luz natural e sistemas de controle centralizado. Ainda, a prontidão pode ser alta em setores específicos,

como edifícios ou industriais avançados, onde a eficiência energética é uma prioridade, no mais, em outras áreas como em portos, a adoção pode ser mais limitada devido a questões de investimento, regulamentação ou necessidades específicas de infraestrutura (TELENSA, 2023).

Diante disso, *ValenciaPort* publicou que o projeto European SEA TERMINALS implementou um sistema de iluminação dinâmica para terminais portuários de contêineres, liderado pela Fundação Valenciaport em colaboração com a Autoridade Portuária de Valência, Noatum e Ingeniería de Aplicaciones Energéticas SLU (EDAE). O sistema utiliza luminárias LED e um *software* para gerenciar o consumo de energia de forma inteligente, proporcionando uma economia estimada de até oito vezes o consumo atual. Os objetivos incluem aprimorar a gestão energética, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e permitir operação remota em tempo real, com uma interface amigável para a equipe do terminal (VALENCIAPORT, 2015).

No entanto, a companhia *Telensa* (2023) possui o sistema de iluminação dinâmica conhecido como *Telensa PLANet*, sendo uma sigla para *Public Lighting Active Network*, em inglês. A solução apresenta-se em uma plataforma abrangente sem fio para o monitoramento e controle de iluminação pública externa, empregando padrões internacionais de comunicação para redes sem fio. O sistema utiliza uma arquitetura de estações base e telecélulas organizadas em uma configuração ponto a multiponto, também conhecida como “estrela” de longo alcance, sem a necessidade de malhas ou estruturas de salto.

De acordo com *Signify* (2023), alguns dos portos que implementaram a tecnologia da companhia supracitada são:

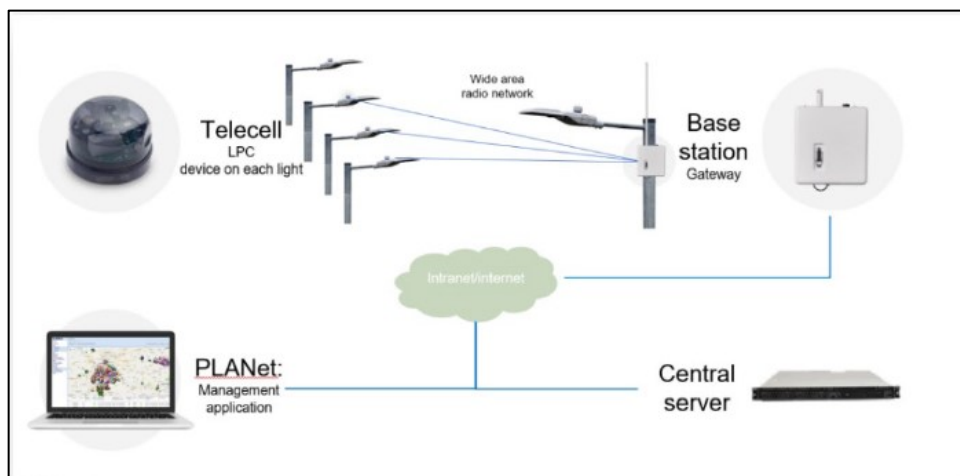
- Port of Type, localizado no Reino Unido;
- Port of Southampton, localizado no Reino Unido;
- Port of Ipswich, localizado no Reino Unido;
- Kanazawa Port, localizado no Japão;
- Port of Barcelona, localizado na Espanha;

Sendo uma empresa líder global em iluminação conectada e soluções para cidades inteligentes, sediada em Cambridge, Reino Unido, em um artigo (TELENSA, 2019), descreveu a implantação de seus controles de iluminação inteligente no projeto de atualização de iluminação LED no Porto de Tyne, no Nordeste da Inglaterra. Este porto movimentava uma variedade de cargas e substituiu mais de 800 luzes por LEDs

de baixo consumo de energia, integrados à solução *PLANet*, como parte de seu plano de infraestrutura para garantir eficiência energética e sustentabilidade a longo prazo.

O sistema *PLANet* tem a capacidade de controlar mais de 400.000 pontos de luz por rede, composto por três elementos principais: telecélulas, estações base (*Gateway*) e o sistema de gestão central *Telensa PLANet* (aplicativo de *software*) com interface gráfica de usuário. Na Figura 22, demonstra-se a estrutura com o projeto de telegestão descrito.

Figura 22 - Telegestão Telensa



Fonte: Cotação Signify (2023)

Com relação às telecélulas, as quais são controladores de luminária, cada ponto de iluminação é equipado com uma telecélula, responsável pelo controle de chaveamento, dimerização e monitoramento elétrico e de energia. Além disso, a telecélula detecta e comunica falhas nas luminárias. O sistema foi projetado para operar na banda isenta de licença de 915-928 MHz, com o uso de receptores de banda ultra-estreita (UNB) do padrão ETSI. Ainda, o CMS pode se comunicar individualmente, em grupos ou o total de luminárias através do servidor central, alocado na nuvem pela rede sem fio.

Avaliação: adotar o sistema de sensores de iluminação dinâmica, especialmente em um momento em que a tecnologia está em ascensão e focada na sustentabilidade, além de já ter evidências de sua eficácia em complexos portuários, é uma escolha recomendada. Isso se deve ao menor risco e tempo de implementação em comparação a um setor altamente competitivo. No entanto, para o porto multipropósito que possui competências essenciais, infraestrutura desenvolvida e um

grande volume de operações de carga, iniciar a aplicação do sistema resultaria em ganhos significativos para o seu crescimento.

3º) Etapa 3 – Usabilidade: esta etapa para a iluminação dinâmica, se refere à facilidade com que os usuários, tais como: operadores portuários, gerentes de instalações ou autoridades locais, podem interagir e utilizar esse sistema para controlar, monitorar e ajustar a iluminação conforme o necessário. Dessa forma, a usabilidade da tecnologia de iluminação dinâmica inclui: uma interface intuitiva e de fácil uso para ajustar a iluminação; acesso remoto para controle e monitoramento; personalização flexível conforme as necessidades do porto; *feedback* em tempo real sobre o desempenho do sistema; e suporte completo, incluindo treinamento e assistência técnica. Sendo assim, a classificação da usabilidade, de acordo com Bernhard *et al.* (2021), varia de acordo com a solução que se deseja implementar, indo de um nível inicial “1” até um nível máximo “5”.

Ademais, Signify (2023) caracteriza que a topologia utilizada pela Telensa, em estrela, funciona de forma semelhante aos sistemas celulares e oferece muitas vantagens sobre os sistemas de malha. Tais vantagens incluem: implementação mais fácil, não exigindo a instalação de uma massa crítica de dispositivos antes do sistema operar; maior resistência a falhas, com o sistema estrela mudando automaticamente as estações base em caso de queda de energia; redução de custos devido à necessidade significativamente menor de *gateways (hubs)*; melhor capacidade para cobrir áreas extensas e implantações dispersas.

A instalação das estações base, capazes de conectar até 5.000 telecélulas, é versátil, podendo ser montada em colunas, telhados ou torres de rádio para oferecer cobertura em um amplo raio. Equipadas com medidores precisos de luz, ajustam as luminárias de acordo com a luminosidade ambiente, garantindo uma rápida implementação e necessitando apenas de energia elétrica constante. Contudo, a Telensa (2023) destaca que essas estações estabelecem conexões seguras com um servidor central que gerencia o sistema, permitindo aos usuários controlarem e monitorarem a iluminação por meio de uma interface de usuário *web* acessível por navegadores convencionais. Ao implementar a tecnologia, a companhia supracitada, descreve que em sua proposta há serviços de gestão de projetos remotos, que inclui visitas quando necessário e acordado entre as partes. O objetivo é auxiliar o usuário

na identificação de problemas e fornecer a solução mais rápida possível dentro do escopo relacionado à prestação de serviços de telegestão (*SIGNIFY*, 2023).

Avaliação: ao analisar as especificações de usabilidade da tecnologia com o fornecedor do sistema (*Signify*) para implementação da iluminação dinâmica, foi possível avaliar a viabilidade do sistema de telegestão para os agentes portuários. A análise dos componentes e instalações necessárias revelou que o uso do sistema requer um treinamento específico, indicando que não é uma solução trivial. No entanto, a disponibilização de um suporte adequado, incluindo treinamento, documentação clara e assistência técnica, transforma-o em um sistema acessível e de fácil utilização. Deste modo, classifica-se a usabilidade como nível 3, por sua interface intuitiva permitir aos usuários controlar e programar os ajustes de iluminação, a partir de instruções, de maneira simples e eficiente.

4º) Etapa 4 – Prontidão da companhia | porto: com o propósito de avaliar a prontidão da companhia, neste caso um porto multipropósito, o qual é considerado uma organização ou uma entidade, Bernhard *et al.* (2021), caracterizam que esta etapa, busca visualizar a capacidade de preparação da organização, das pessoas e dos dados antes de adotarem a tecnologia no processo. Apontam, que a preparação está relacionada com custos indiretos que sobrecarregam involuntariamente.

Os aspectos fundamentais para a adoção da tecnologia em um porto incluem: a avaliação das necessidades de iluminação em áreas críticas, a análise da infraestrutura existente para integração do sistema, a realização de estudo de viabilidade para calcular benefícios versus custos, o cumprimento dos requisitos regulatórios locais, a avaliação do orçamento disponível e custos de implementação, a consulta a especialistas para orientação na seleção e implementação e, a consideração de testes piloto para avaliação prévia da eficácia do sistema.

No mapeamento realizado no Porto do Itaqui, descrito no tópico 3.3.1. (mapeamento do cenário atual) e com os resultados apresentados nos tópicos 4.1 (respostas do questionário) e 4.2, houve a identificação das necessidades do porto e quais práticas inteligentes estavam direcionadas à suas próximas iniciativas e metas; dessa forma, também se identificou a tecnologia, demonstrada após a análise descrita no tópico 4.3 (seleção da prática inteligente). No entanto, no tópico 4.4 (estudo da implementação com o *roadmap*) apresentaram-se as áreas que se beneficiariam da

iluminação dinâmica, além de ser analisada a infraestrutura existente para determinar a viabilidade de instalação e integração do sistema, incluindo a rede elétrica com os postes de iluminação e as lâmpadas conjuntas.

A tecnologia apresentou-se para os agentes do porto como novidade, diante do cenário atual, porém por possuírem uma infraestrutura estruturada e alinhada com as normas de regulamentação, tornou-se possível o estudo de forma aprofundada para uma futura análise de implementação. Portos públicos são geralmente administrados por entidades governamentais ou autoridades portuárias designadas para supervisionar e garantir o funcionamento adequado das operações portuárias, por isso, houve a necessidade do estudo completo do funcionamento da tecnologia até seu custo de aquisição, instalação e potenciais despesas de manutenção a longo prazo.

Ao considerar e analisar esses aspectos, um porto pode tomar decisões informadas sobre a adoção de um sistema de sensores de iluminação dinâmica, garantindo que atenda às necessidades operacionais, de segurança e de eficiência energética de forma eficaz e sustentável. No Quadro 2, apresentado no tópico 2.4, são demonstradas as premissas (ações e iniciativas) sugeridas por Bernhard *et al.* (2021), sobre a preparação da organização, pessoas e dados, para receber uma tecnologia, nele constam os níveis do básico ao avançado para a descrição e o custo que a tecnologia irá acarretar indiretamente.

No entanto, no projeto em questão deste trabalho, a empresa fornecedora do sistema não distinguiu o investimento no sistema do investimento no treinamento para os agentes portuários, apresentando o resultado do projeto de implementação em um somatório de investimento total, deste modo, torna-se inviável avaliar os custos da organização em subdivisões, como abordado por Bernhard *et al.* (2021). Nesse cenário, a *Signify* (2023) oferece um programa de treinamento abordando as funcionalidades do sistema de controle, junto a informações sobre sua operação e manutenção. Essa capacitação, disponível tanto presencial quanto *online*, é considerada crucial para que os operadores adquiram conhecimento sobre as rotinas principais e compreendam os procedimentos básicos para garantir a durabilidade do produto.

Entre os tópicos abordados no treinamento estão: instalação do sistema de controle, montagem das estações base, orientações sobre manuais de operação e manutenção, resolução de problemas comuns, procedimentos de substituição,

práticas recomendadas de manutenção preventiva e corretiva, além de suporte de garantia e informações de contato. No entanto, para utilizar o sistema, são necessários alguns itens que não estão inclusos na entrega, como a instalação dos produtos fornecidos pela *Signify*, a aquisição de luminárias, o trabalho de integração com outras plataformas já existentes do cliente (porto) e a conectividade dos *gateways* (SIGNIFY, 2023).

Avaliação: os cursos de treinamento para o sistema de telegestão da iluminação dinâmica desempenham um papel vital ao instruir os agentes portuários sobre o uso e condução dessa tecnologia, fornecendo habilidades essenciais para atender às iniciativas. Enquanto há muitos tutoriais *online* disponíveis gratuitamente para sistemas digitais, o sistema de telegestão requer treinamento especializado. Vale ressaltar que a implementação do sistema de sensores de iluminação dinâmica não exige alterações na estrutura organizacional do porto ou nos fluxos de processos, pois atua como um complemento sem modificar funções existentes. No entanto, demandará agentes portuários dedicados exclusivamente ao controle da telegestão e à realização de manutenções.

5º) Etapa 5 – Custo: similar ao passo 8 do *roadmap* de Dominguez (2022), no âmbito deste tópico, os custos referem-se à quantia de dinheiro que uma organização despende em investimentos, operações e manutenção para se obter uma tecnologia. O montante dos custos varia conforme o tipo de sistema e o processo a ser implementado; geralmente, quanto mais complexos forem os processos, maiores serão os custos (BERNHARD *et al.*, 2021). Segundo o escopo da *Signify* (2023), o projeto de implementação é conduzido por um profissional remoto dedicado, cuja função é gerenciar o progresso de acordo com os parâmetros estabelecidos. Ainda, utiliza-se ferramentas de controle de custos, qualidade e prazo, com a intenção geral de minimizar as falhas inerentes ao processo, ou seja, o monitoramento abrangerá desde o início até o encerramento.

Custo de investimento: para avaliar o custo de investimento em um sistema de sensores de iluminação dinâmica, um porto pode considerar: os custos iniciais de aquisição de equipamentos e *software*, os gastos com instalação e integração na infraestrutura existente, a análise das economias de energia potenciais, os benefícios

operacionais e os custos de funcionamento, bem como o tempo estimado para recuperar o investimento inicial.

No contexto do tópico 4.4, passo 8 do *roadmap* focado na avaliação do custo de investimento, a primeira iniciativa se consistiu na obtenção da área indicada pelos agentes portuários do Porto do Itaquí para o estudo da implementação. Essa área, delimitada em hectares através da ferramenta *My Maps* do Google, foi identificada como 6,37 hectares e corresponde à área primária do porto, dos berços 99 ao 103, locais onde ocorre a atracação de navios.

A segunda iniciativa envolveu a ouvidoria do porto, com a contagem dos postes de iluminação e a identificação das luminárias presentes no local. Isso permitiu coletar uma lista dos itens presentes, conforme descrito no Anexo A deste trabalho de conclusão de curso. Com essas informações, o representante da Signify foi capaz de desenvolver um projeto detalhado que contempla os dispositivos necessários para a implementação do sistema de telegestão. O Quadro 16 lista os dispositivos eletrônicos necessários na implementação do sistema de iluminação dinâmica, que complementam os itens que já possuem na infraestrutura do porto. Além do próprio sistema de gestão central *Telensa PLANet* (aplicativo de *software*).

Quadro 16 – Lista de dispositivos eletrônicos

Especificação	Descrição do produto	Quantidade
Dispositivo B4-L1	B4-L-1B (BS4 Latam, Brk for straps, B4-Ant-F Ant)	1
Dispositivo T2A1N-B-3	T2A1N-B-3 (TC2 FCC NEMA Black GPS, Dimmable)	308

Fonte: Cotação Signify (2023)

É importante ressaltar que a quantidade de itens está vinculada à área designada pelos agentes portuários para avaliação. Se a área fosse maior ou incluísse mais locais, a quantidade de itens e, conseqüentemente, o custo total do projeto poderia ser alterado. Neste caso, o projeto foi avaliado em US\$ 60.000,00.

Custo de Operação e Manutenção: para avaliar os custos de operação e manutenção de um sistema de sensores de iluminação dinâmica, um porto pode considerar: manutenção preventiva e custos de reparo até gastos com energia, atualizações de *software*, treinamento das equipes e contratos de suporte técnico.

Essas despesas são essenciais para garantir o funcionamento contínuo e eficiente do sistema ao longo do tempo.

Ao analisar esses fatores, o porto pode estimar de forma mais precisa os custos contínuos associados à operação e manutenção da tecnologia, o que é essencial para determinar a viabilidade financeira a longo prazo desse investimento. Dentro deste escopo, observou-se que no projeto desenvolvido pela companhia supracitada do sistema, constam treinamentos e avaliações sobre os custos de operação e manutenção. No entanto, pelo sistema não ter sido implementado no porto até o presente momento e, por se tratar de um estudo de caso para este trabalho de conclusão de curso, por limitações de tempo, não foi possível coletar este dado de forma concreta.

Avaliação: na análise de custos, cada expansão na área a ser abrangida implica em valores distintos, já que envolve uma maior ou menor quantidade de itens. Quanto maior a extensão da área portuária a receber o sistema, maior será o investimento necessário. Torna-se vantajoso para a organização avaliar o impacto econômico e operacional do sistema, considerando implementações graduais. Além disso, os custos podem ser superiores caso a organização busque recursos mais sofisticados e complexos. A adoção do sistema de sensores de iluminação dinâmica demanda um sistema de telegestão específico e complementos para gerenciar os postes de iluminação.

5. CONCLUSÃO

O estudo de caso exposto neste trabalho de conclusão de curso abordou a aplicação de métodos para analisar a implementação de práticas inteligentes em um porto multipropósito, o Porto do Itaqui, localizado no Estado do Maranhão. Os métodos utilizados incluem um *roadmap*, as 7 componentes inerentes a portos inteligentes e a avaliação da tecnologia com 5D. Essas técnicas foram aplicadas para examinar a introdução de práticas inteligentes em um porto que lida com uma ampla variedade de cargas, como graneis sólidos, líquidos, carga geral solta e cargas de projeto.

Desta forma, por meio do *roadmap* foi possível aplicar passos que direcionaram cada etapa do estudo. Assim, como proposto, no passo inicial da ferramenta, o mapeamento com as 7 componentes inerentes a portos inteligentes no Porto do Itaqui contribuiu para a visualização do cenário atual, que evidenciou as implementações existentes, em processo e não existentes e, auxiliou na tomada de decisão para futuras iniciativas que podem ser adotadas no complexo portuário. Além disso, contribuiu para selecionar a prática inteligente, composta na componente Energia, a qual constou o menor grau de maturidade, com apenas 12,50% de implementação.

Dentre as práticas inteligentes analisadas, a prática selecionada foi a “utilização de sensores de iluminação dinâmica”, a qual é referida no mercado tecnológico como “sistema de sensores de iluminação dinâmica”, pois pode proporcionar melhora na eficiência energética e reduzir emissões, por estar inserida às iniciativas mais sustentáveis. Contudo, com a prática escolhida, utilizou-se o método 5D para avaliação da tecnologia/prática inteligente, com o objetivo de complementar a tomada de decisão dos agentes portuários na implementação do sistema.

Telensa (2023) destaca que, a iluminação dinâmica com a adição de controles sem fio completa o potencial do LED, obtendo um acréscimo na economia de energia em até 30% e reduz os custos de manutenção com alertas automáticos de falhas e, autodiagnóstico. Ainda, rumo à esta direção, a *Signify* (2023), acrescenta que para a iluminação a digitalização é essencial, pois ao realizar a instalação de controladores em campo que permitam a captação de dados em tempo real sobre o

desempenho, consumo e falhas, facilita a operação e a transparência aos agentes portuários.

Por mais que, no cenário mundial o auge de implementações e estudos de tecnologias encontram-se direcionados para portos de cargas containerizadas, o Porto do Itaquí, por estar localizado no arco norte e, ter uma logística de transportes estratégica de minério de ferro e grãos com os Estados vizinhos, mantém-se alinhado a este fluxo, direcionado para otimização e eficiência dos serviços portuários prestados, infraestrutura e ampliação da movimentação de cargas.

Ainda, a análise das componentes e prática inteligentes por meio do estudo, com o mapeamento, *roadmap* e avaliação da tecnologia com o 5D, pôde fornecer *insights* valiosos para o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a eficácia a curto, médio e longo prazo; além de permitir que os agentes concentrem seus recursos em iniciativas que possam gerar maior valor para o complexo portuário. A abordagem de avaliação pelo método 5D destacou a importância de alinhar a implementação do sistema de telegestão para iluminação dinâmica aos planos estratégicos do porto, considerando seus benefícios. Além disso, a análise de usabilidade evidenciou a necessidade de treinamento especializado para os agentes portuários e a consideração dos custos ao expandir o sistema para áreas maiores.

Pereira (2021) enfatiza a significativa transformação no setor portuário nos últimos anos. Esse processo está direcionando os portos, antes associados a características poluentes, para se tornarem instalações mais sustentáveis. Ele destaca que a convergência dessas ações não apenas beneficia a preservação do meio ambiente, mas também impulsiona melhorias nos resultados econômicos. Neste contexto, a implementação do sistema de sensores de iluminação dinâmica pode proporcionar benefícios, contudo, a amplitude desses ganhos está intrinsecamente ligada à precisão da sua execução, podendo gerar um considerável valor agregado e contribuir para reduzir o consumo de energia, promovendo práticas sustentáveis nos portos.

Este estudo realizado em colaboração com os agentes portuários proporcionou *insights* relevantes sobre a visão deles em relação à adoção de práticas inteligentes nas operações portuárias, bem como sobre o estágio atual do desenvolvimento digital nesse contexto, um assunto ainda emergente no Brasil. Essas informações são valiosas, fornecendo uma base sólida para promover o crescimento

da pesquisa acadêmica e do setor portuário, contribuindo para o avanço conjunto dessas áreas (RODRIGUEZ *et al.*, 2022).

Portanto, conclui-se que o uso de um *roadmap* para o estudo da implementação de práticas inteligentes foi eficaz, pois sintetizou em uma estrutura os passos que direcionam cada etapa da execução. Essa abordagem mostrou-se adaptável ao cenário do porto em estudo, apresentando características essenciais para a adoção de uma prática inteligente específica. A utilização do método de avaliação 5D também foi fundamental, apresentando convergência com o *roadmap*, pois consolidou o entendimento sobre o sistema e suas variáveis, contribuindo para a tomada de decisão sobre uma possível adoção.

O *roadmap* permitiu a análise do contexto do cenário portuário, identificando a prática inteligente a ser implementada, enquanto o método 5D focou na avaliação da tecnologia no mercado e na preparação da organização para recebê-la. E assim, como contribuição deste estudo a trabalhos futuros, sugere-se uma revisão no questionário e indicadores de práticas inteligentes e uma nova configuração dos passos do *roadmap* para a análise de práticas inteligentes em um porto multipropósito, conforme demonstrado na Figura 23.

Figura 23 - Estágios do *roadmap* sugeridos para mapeamento e implementação de práticas inteligentes em portos multipropósitos



Fonte: autoria própria (2023)

Em síntese, embora os estudos sobre portos inteligentes tenham sido abrangentes, há espaço significativo para melhorias tanto teóricas quanto práticas. Este trabalho de conclusão de curso, buscou aplicar teoria à prática, focando em um porto multipropósito para solidificar os estudos sobre portos inteligentes e explorar várias perspectivas na implementação. No entanto, sucesso dessa implementação depende da compreensão das necessidades do porto, das condições ambientais e da gestão eficaz dos sistemas implantados.

REFERÊNCIAS

APRUZZESE, Michela; BRUNI, Maria Elena; MUSSO, Stefano; PERBOLI, Guido. **5G and Companion Technologies as a Boost in New Business Models for Logistics and Supply Chain**. Sustainability Journal. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151511846>. Acesso em: 05 set. 2023.

AXMANN, Bernhard; HARMOKO, Harmoko. **The Five Dimensions of Digital Technology Assessment with the Focus on Robotic Process Automation (RPA)**. Tehnički glasnik/Technical Journal, Vol. 15 No. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31803/tg-20210429105337>. Acesso em: 28 ago. 2023.

CAVASSANO, Ludmila Pereira; TEIXEIRA, Adriano Alves; MORAES, Tiago Estrela da Cunha; TEIXEIRA, Talita Borges; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes. **GREEN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT E GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT E SUAS INFLUÊNCIAS NOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA ONU**. XXIX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, pag. 480. 2022. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=17. Acesso em: 05 set. 2023.

DAFNOMILIS, I; LODEWIJKS, G; JUNGINGER, M; SCHOTT, D. L. **Evaluation of wood pellet handling in import terminals**. Biomass and Bioenergy 177, p. 10 - 23. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.006>. Acesso em: 05 set. 2023.

DOMINGUEZ, Gabriela do Nascimento. **Smart Ports**: desenvolvimento de um roadmap para implementação de práticas inteligentes em portos e terminais. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) – Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2022.

DOMINGUEZ, Gabriela do Nascimento; GORGES, Suzane Carlyne; **SILVA, Vanina Macowski Durski**. Roadmap for implementing smart practices at seaports and terminals. REVISTA ELETRÔNICA DE ESTRATÉGIA & NEGÓCIOS, v. 15, p. 73, 2022.

GOMES, Poliana Carneiro; SANTOS, Bruna Keila Macieira; TAVARES, Kleber Jose Tenorio; MELO, Fagner José Coutinho de; PINTO, Pablo Aurélio Lacerda de Almeida. **Ações de sustentabilidade 4.0 em uma empresa de energia: uma proposta de modelo de decisão multicritério**. XXIX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. 2022. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=17. Acesso em: 05 set. 2023.

GORGES, Suzane Carlyne. **Smart Ports**: caracterização e investigação da implementação de práticas inteligentes em portos e terminais brasileiros. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) – Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2021.

GORGES, Suzane Carolyne; **SILVA, Vanina Macowski Durski**. Conceptual framework proposal to evaluate the implementation of smart practices in Brazilian ports and terminals. In: XXI Congreso Panamericano de Transporte y Logística (PANAM), 2021, Lima. Anales del XXI Congreso Panamericano de Transporte y Logística (PANAM), 2021.

GUERRA, José Baltazar Osório Salgueirinho de Andrade. **Rumo a um futuro sustentável: Implementação de Estratégias ESG no Setor Portuário**. APRESENTAÇÃO I FÓRUM CATARINENSE DO SETOR PORTUÁRIO, 2023.

GUIA, J. G. *et al.* **Connect Data Eco-System and the Next Generation Ports**. Port Technology International, End-to-End Supply Chain. Edition 125 – 2022. Disponível em: https://wpassets.porttechnology.org/wp-content/uploads/2022/10/07133538/PTI125_v3.pdf. Acesso em: 08. out. 2022.

HANDOKO, Bambang Leo; LINDAWATI, Ang Swat Lin; HARYADI, Sarjono; MUSTAPHA, Mazlina. **Innovation Diffusion and Technology Acceptance Model in Predicting Auditor Acceptance of Metaverse Technology**. Journal of System and Management Science. Vol. 13 No. 5, p. 443 – 456. 2023. Disponível em: <http://www.aasmr.org/jsms/Vol13/No.5/Vol.13%20No.5.28.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

INLUCCE. **Conheça a iluminação dinâmica em projetos de iluminação**. 2021. Disponível em: <https://inlucce.com.br/novidade-conheca-a-iluminacao-dinamica-em-projetos-de-iluminacao/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

INNOVEZ.ONE. **Digitalization in the Maritime Industry**. Singapore Maritime Foundation. 2021. Disponível em: <https://www.innovex-one.com/digitalisation-in-the-maritime-industry-singapore-maritime-foundation/>. Acesso em: 17 jun. 2022.

LI, Kevin X.; LI, Mengchi; ZHU, Yuhan; YUEN, Kum Fai; TONG, Hao; ZHOU, Haoqing. **Smart port: a bibliometric review and future research directions**. Transportation Research Part E 174. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103098>. Acesso em: 05 set. 2023.

LIM, Sehwa; PETTIT, Stephen; ABOUARGHOUB, Wessam; BERESFORD, Anthony. **Port sustainability and performance: A systematic literature review**. Transportation Research Part D:Transport and Environment 72, p. 47 – 64. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.04.009>. Acesso em: 05 set. 2023.

MOAH, Diego; SCHERER, Gustavo Oliveira; ESTEVES, Jarbas Gomes; CRISTINO, Nathalia Crispim Cardoso; FONTAINHA, Tharcisio Cotta. **Anunciar ser sustentável e ser de fato sustentável? Análise das práticas relacionadas a sustentabilidade de grandes empresas brasileiras**. XXIX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, pag. 419. 2022. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=17. Acesso em: 05 set. 2023.

MOHER, D. LIBERATI. A. TETZLAFF. J. ALTMAN. D.G. The PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **International Journal of Surgery**, v. 8, n. 5, p. 336-341, 2010. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919110000403?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jun. 2022.

MOLAVI, A.; LIM, G. J; RACE, B. **A framework for building a smart port and smart port index**. International Journal of Sustainable Transportation 14 (9). p. 686 - 700. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1610919>. Acesso em: 05 set. 2023.

MORGON, Rafaela Bronzatto; ROTTA, Ivana Salvagni. **Lean Green, Sustentabilidade e Economia Circular: uma revisão bibliográfica**. XXIX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, pag. 268. 2022. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=17. Acesso em: 05 set. 2023.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

NOTTEBOOM, Theo; PALLIS, Athanasios; RODRIGUE, Jean-Paul. **Port Economics, Management and Policy**. Routledge, Taylor & Francis Group. 2022.

PAGE M. J. MCKENZIE. J. E. BOSSUYT. P. M. **The Prisma 2020 Statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. V. 372, n. 160, online, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em: 24 jun. 2022.

PEREIRA, Newton Narciso. **Portos e Terminais do Planejamento à Operação**. Editora Conceito Atual. p. 27; 451 - 467, 2021.

PHILIPP, Robert; PRAUSE, Gunnar; OLANIYI, Eunice O.; LEMKE, Florian. **Towards Green and Smart Seaports: Renewable Energy and Automation Technologies for Bulk Cargo Loading Operations**. Environmental and Climate Technologies. 2021. <https://sciencedirect.com/article/10.2478/rtuct-2021-0049>. Acesso em: 22 set. 2022.

PORT OF ROTTERDAM. **Highlights of 2022 Annual Report**. 58 p. Netherlands, 2022. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/about-port-authority/finance/annual-reports>. Acesso em: 03 nov. 2023.

PORTO DO ITAQUI. **Infraestrutura**. 2023. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/infraestrutura>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PORTO DO ITAQUI. **Mais um recorde: Porto do Itaqui registra melhor mês de movimentação de cargas da história**. 2023. Disponível em <https://www.portodoitaqui.com/imprensa/noticia/mais-um-recorde-porto-do-itaqui-registra-melhor-mes-de-movimentacao-de-cargas-da-historia>. Acesso em: 03 out. 2023.

PORTOS E NAVIOS. **Porto de Santos ultrapassa 111 milhões de toneladas de carga no ano. 2023**. Disponível em <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-de-santos-ultrapassa-111-milhoes-de-toneladas-de-carga-no-ano#:~:text=Porto%20de%20Santos%20ultrapassa%20111%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20de%20carga%20no%20ano,->

Da%20Reda%C3%A7%C3%A3o%20Portos&text=O%20movimento%20geral%20de%20cargas,a%20expectativa%20de%20crescimento%20recorde. Acesso em: 03 out. 2023.

SANTOS PORT AUTHORITY. **Relatório Anual 2022**. 13 p. Santos, 2022. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/spa-relatorio-anual-2022.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2023.

SIFAKIS, N.; KONIDAKIS, S.; TSOUTSOS, T. **Hybrid renewable energy system optimum design and smart dispatch for nearly Zero Energy Ports**. Journal of Cleaner Production 310. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127397>. Acesso em: 05 set. 2023.

SIGNIFY the meaning of light. **PORTO DO ITAQUI | MARANHÃO | PROPOSTA TELEGESTÃO TELENZA**. p. 1-14. 2023.

SILVA, Maurício Randolpho Flores; SOUZA, Nicollas Luiz Schweitzer; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Táboada; FRAZZON, Enzo Morosini. **Logística Portuária: Revisão Sistemática de Literatura utilizando o método PRISMA**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2020, Bauru. **Anais [...]** Bauru: UNESP, 2020. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15. Acesso em: 25 jun. 2022.

TELENZA. **Associated British Ports (ABP) deepens its commitment to the environment with Telensa's smart area lighting system**. 2023. Disponível em: <https://www.telensa.com/news/associated-british-ports-abp-deepens-its-commitment-to-the-environment-with-telensas-smart-area-lighting-system/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

TELENZA. **DYNAMIC LIGHTING SYSTEM**. 2023. Disponível em: <https://www.telensa.com/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

TELENZA. **Telensa to Provide Smart Outdoor Lighting Solution to One of the UK's Major Ports**. 2019. Disponível em: <https://www.telensa.com/news/telensa-to-provide-smart-outdoor-lighting-solution-to-one-of-the-uks-major-ports/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

TORRES, Elisabet; RODRÍGUEZ, Javier. **La Transformación Digital portuaria en América Latina y el Caribe**. Sistema Económico Latinoamericano y Del Caribe – SELA. 2022. Disponível em: <https://www.sela.org/es/publicaciones/listado-publicaciones/bdd/83302/tranformacion-digital-portuaria>. Acesso em: 02 out. 2022.

VALENCIAPORT. **NOATUM RUNS REAL-TIME DYNAMIC LIGHTING SYSTEM TESTS IN ITS VALENCIA TERMINAL**. 2015. Disponível em: <https://www.valenciaport.com/en/noatum-runs-real-time-dynamic-lighting-system-tests-in-its-valencia-terminal/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

VALENCIAPORT. **THE SEA TERMINALS PROJECT DESIGNS A DYNAMIC REAL-TIME LIGHTING SYSTEM FOR PORT TERMINALS**. 2015. Disponível em: <https://www.valenciaport.com/en/the-sea-terminals-project-designs-a-dynamic-real-time-lighting-system-for-port-terminals/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

WÄRTSILÄ. **Unique Dynamic Lighting System by Wärtsilä Funa creates a special look for Dream Cruise's stunning new cruise ship.** 2016. Disponível em: <https://www.valenciaport.com/en/noatum-runs-real-time-dynamic-lighting-system-tests-in-its-valencia-terminal/>. Acesso em: 29 maio. 2023.

WEN, Lei; QINGQING, Ren; LI, Jingya. **Hainan Port Logistics Supply Chain and Its Flexible Operation Mechanism considering Digital Visual Remote Control.** Hindawi Mobile Information Systems. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/4642103>. Acesso em: 05 set. 2023.

YANG, Yongsheng; ZHONG, Meisu; YAO, Haiqing; YU, Fang; FU, Xiuwen; POSTOLACHE, Octavian. **Internet of things for smart ports: Technologies and challenges.** IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8278808>. Acesso em: 18 set. 2022.

ANEXO A – Relação de itens de iluminação dos berços 99 ao 103 do Porto do Itaqui

Item	Área do levantamento	Tag do local	Watts	LED	Observação
BERÇO 100					
1	Berço 100	Poste 13	500W	LED	2 projetores de 500W
2	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
3	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
4	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
5	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
6	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
7	Berço 100	Poste 6	500W	LED	2 projetores de 500W
8	Berço 100	Poste S/N	500W	LED	2 projetores de 500W
9	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
10	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
11	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
12	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
13	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
14	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
15	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
16	Berço 100	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
BERÇO 101					
17	Berço 101	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
18	Berço 101	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
19	Berço 101	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
20	Berço 101	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
21	Berço 101	Correia Eneva	150W	LED	2 projetores de 150W
BERÇO 102					
22	Berço 102	Torre de Iluminação 6	1000W	LED	12 lâmpadas de 1000W
23	Berço 102	Torre de Iluminação 7	1000W	LED	12 lâmpadas de 1000W
BERÇO 103					
24	Berço 103	Correia S/N	500W	LED	4 projetores de 500W
25	Berço 103	Correia S/N	500W	LED	4 projetores de 500W
26	Berço 103	Correia R-03	500W	LED	4 projetores de 500W
27	Berço 103	Correia R-04	500W	LED	4 projetores de 500W
28	Berço 103	Correia R-05	500W	LED	4 projetores de 500W
29	Berço 103	Correia R-06	500W	LED	4 projetores de 500W
30	Berço 103	Correia R-07	500W	LED	4 projetores de 500W
31	Berço 103	Correia R-08	500W	LED	4 projetores de 500W
32	Berço 103	Correia R-09	500W	LED	4 projetores de 500W
33	Berço 103	Correia R-10	500W	LED	4 projetores de 500W
34	Berço 103	Correia R-11	500W	LED	4 projetores de 500W
35	Berço 103	Correia R-12	500W	LED	4 projetores de 500W
36	Berço 103	Correia R-13	500W	LED	4 projetores de 500W
37	Berço 103	Correia R-14	500W	LED	4 projetores de 500W
38	Berço 103	Correia R-15	500W	LED	4 projetores de 500W
39	Berço 103	Correia R-16	500W	LED	4 projetores de 500W
40	Berço 103	Correia R-17	500W	LED	4 projetores de 500W
41	Berço 103	Correia R-18	500W	LED	4 projetores de 500W
42	Berço 103	Correia R-19	500W	LED	4 projetores de 500W
43	Berço 103	Correia R-20	500W	LED	4 projetores de 500W
44	Berço 103	Correia R-21	500W	LED	4 projetores de 500W
45	Berço 103	Correia R-22	500W	LED	4 projetores de 500W

46	Berço 103	Correia R-23	500W	LED	4 projetores de 500W
47	Berço 103	Correia R-24	500W	LED	4 projetores de 500W
48	Berço 103	Correia R-25	500W	LED	4 projetores de 500W
49	Berço 103	Correia R-26	500W	LED	4 projetores de 500W
50	Berço 103	Correia R-27	500W	LED	4 projetores de 500W
51	Berço 103	Correia R-28	500W	LED	4 projetores de 500W
52	Berço 103	Correia R-29	500W	LED	4 projetores de 500W
53	Berço 103	Correia R-30	500W	LED	4 projetores de 500W
54	Berço 103	Correia R-31	500W	LED	4 projetores de 500W
55	Berço 103	Correia R-32	500W	LED	4 projetores de 500W
56	Berço 103	Correia R-33	500W	LED	4 projetores de 500W
57	Berço 103	Correia R-34	500W	LED	4 projetores de 500W
58	Berço 103	Correia R-35	500W	LED	4 projetores de 500W
59	Berço 103	Correia R-36	500W	LED	4 projetores de 500W
60	Berço 103	Correia R-37	500W	LED	4 projetores de 500W
61	Berço 103	Correia R-38	500W	LED	4 projetores de 500W
62	Berço 103	Correia R-39	500W	LED	4 projetores de 500W
63	Berço 103	Correia R-40	500W	LED	4 projetores de 500W
64	Berço 103	Correia R-41	500W	LED	4 projetores de 500W
65	Berço 103	Correia R-42	500W	LED	4 projetores de 500W
66	Berço 103	Correia R-43	500W	LED	4 projetores de 500W
67	Berço 103	Correia R-44	500W	LED	4 projetores de 500W
68	Berço 103	Torre de Iluminação 8	1000W	LED	6 projetores de 1000W
BERÇO 99					
69	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
70	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
71	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
72	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
73	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
74	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
75	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
76	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
77	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste
78	Berço 99	Poste S/N	282W/100W	LED	2 projetores de 282W e adicionados 2 projetores de 100W por poste