

**O USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA INOVAÇÃO
DOS SISTEMAS LOGÍSTICOS PORTUÁRIOS**

***THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE INNOVATION
OF PORT LOGISTICS SYSTEMS***

***EL USO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN EN LA INNOVACIÓN DE SISTEMAS
LOGÍSTICOS PORTUARIOS***

Vitor Manuel dos Ramos Caldeirinha

Doutor em Gestão Portuária na Universidade de Évora

Professor no Centro de Investigação em Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Setúbal (CICE-IPS), Portugal

Endereço: Largo dos Colegiais 2, Évora, Portugal

Telefone: (351) 266 740 800

E-mail: vitor.caldeirinha@esce.ips.pt

João Lemos Nabais

Doutor em Engenharia Mecânica pelo Instituto Superior Técnico (IST)

IDMEC, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, Portugal

Endereço: Largo dos Colegiais 2, Évora, Portugal

E-mail: joao.nabais@esce.ips.pt

Artigo recebido em 17/09/2020. Revisado por pares em 25/03/2021. Reformulado em 29/03/2021. Recomendado para publicação em 01/05/2021, por Ademar Dutra (Editor Científico). Publicado em 27/05/2021. Avaliado pelo Sistema *double blind review*.

©Copyright 2021 UNISUL-PPGA/Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios. Todos os direitos reservados.

Permitida citação parcial, desde que identificada a fonte. Proibida a reprodução total.

Revisão gramatical, ortográfica e ABNT de responsabilidade dos autores.

RESUMO

As características dos Port Community Systems (PCS) afetam como a colaboração entre os players pode ser estabelecida na comunidade portuária. A digitalização feita em terminais no âmbito dos PCS tem fomentado o desenvolvimento da colaboração horizontal na comunidade portuária. O acesso a dados e informações relevantes cria oportunidades para novos modelos de negócios para a comunidade portuária. Através da análise realizada neste estudo, concluímos que a implementação de uma Internet Física pode levar décadas, mas a mudança nos serviços prestados pelo PCS está configurando uma mudança de mentalidade de Cadeias de Abastecimento Isoladas para Cadeias de Abastecimento Abertas, promovendo a Internet Física.

Palavras chave: Internet física; sistemas comunitários portuários; melhores práticas.

ABSTRACT

The characteristics of Port Community Systems (PCS) affect how collaboration between players in the port community is established. The digitalization made in terminals, within the scope of the PCS, has fostered the development of horizontal collaboration in the port community. Access to relevant data and information creates opportunities for new business models for the port community. Through the analysis carried out in this study, we concluded that the implementation of a Physical Internet can take decades, but the change in the services provided by the PCS is configuring a change in mentality from Isolated Supply Chains to Open Supply Chains, promoting the Physical Internet.

Keywords: Physical Internet; Port Community Systems; Best practices.

RESUMEN

Las características de los Port Community Systems (PCS) afectan como la colaboración entre los actores y se pueden implementar en la comunidad portuaria. La digitalización hecha en terminales en el entorno de los PCS ha fomentado el desarrollo de la colaboración horizontal en la comunidad portuaria. El acceso a datos e informaciones relevantes crea oportunidades para nuevos modelos de negocios para la comunidad portuaria. A través del análisis realizado en este estudio, concluimos que la implementación de una Internet Física puede llevar décadas, pero el cambio en los servicios que brinda el PCS está configurando un cambio de mentalidad de Cadenas de Suministro Aisladas a Cadenas de Suministro Abiertas, impulsando la Internet Física.

Palabras clave: Internet física; sistemas comunitários portuários; mejores prácticas.

1 INTRODUÇÃO

As Cadeias de Abastecimento enfrentam um aumento da complexidade dos fluxos físicos e de informação, dos requisitos de qualidade de serviço, das condições de transparência e de identificação de mercadorias. Os portos marítimos são componentes especiais das Cadeias de Abastecimento, onde vários players com diferentes perspectivas e objetivos conflitantes interagem. As Cadeias de Abastecimento têm evoluído nos últimos anos, apoiadas nas tecnologias de informação e comunicação, promovendo uma integração mais intensa da comunidade portuária e uma maior exigência no processo de prestação dos serviços portuários. O investimento em Sistemas de Informação é uma realidade nos portos, adotando a comunicação sem papel entre os membros da comunidade portuária, com maior variedade de serviços eletrônicos, integração com entidades externas e cooperação entre diferentes portos, a nível nacional e internacional. Este é um passo necessário para uma maior competitividade do porto.

Nos principais portos europeus e mundiais, o Port Community System (PCS) está a tornar-se a plataforma tecnológica que assegura a ligação em rede dos agentes marítimos, expedidores, fretadores, transportadores, portos e plataformas logísticas, e entidades públicas, envolvidas no transporte marítimo e serviços de carga. Rondon e Ramis-Pujol (2007) identificam o PCS como uma plataforma eletrónica que conecta múltiplos sistemas de diversas empresas e entidades, que constituem a comunidade portuária, cuja função principal é digitalizar a operação do porto. Existem poucos estudos na área de sistemas de informação sobre os sistemas da comunidade portuária (Carlan, Sys e Vanelslander, 2016; Carlan, Sys, *et al.*, 2018).

A Internet Física (Physical Internet PI) é um novo conceito que busca novas soluções para o transporte de cargas visando uma melhoria radical e sustentabilidade, seguindo o conceito idealista da internet digital aplicada à logística. A Internet Física envolve a integração e interoperabilidade entre cadeias de abastecimento. O acesso a dados e informações relevantes nos portos e cadeias marítimas cria oportunidades para o desenvolvimento de novos modelos de negócios oferecendo serviços logísticos para a comunidade portuária.

No âmbito da análise deste estudo, a hipótese de pesquisa é: a implementação de uma Internet Física pode levar décadas, mas a mudança nos serviços prestados pelo PCS está configurando uma mudança de mentalidade de Cadeias de Abastecimento Isoladas para Cadeias de Abastecimento Abertas, promovendo a Internet Física. A literatura apresenta uma lacuna sobre esse assunto, uma vez que poucos estudos analisam o faseamento de evolução do PCS e o último objetivo dessa evolução, em direção a uma Internet Física.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Bichou e Gray (2005) observam que os portos desempenham um papel importante na gestão e coordenação dos fluxos de materiais e informações, uma vez que o transporte é parte integrante da cadeia de abastecimento. Os objetivos são criar sinergias e interesses convergentes entre as partes interessadas na comunidade portuária para garantir confiabilidade, serviço contínuo e produtividade. Integrando-se na cadeia logística marítima, os portos são elos fundamentais das cadeias de abastecimento para distribuição internacional (Radhika, 2012). O sucesso do porto depende da capacidade de integração das redes de abastecimento e, para isso, a comunidade portuária deve gerar sinergias com os nós de transporte terrestre e demais atores das redes logísticas.

Wang *et al.* (2007) destacam o importante papel a ser desempenhado pelos portos como integrantes da cadeia logística de abastecimento, como parte de um conjunto coordenado e cooperativo de operadores de transporte e logística, com foco na criação de valor para os clientes. O desempenho da cadeia de abastecimento da logística marítima internacional (portos e transporte marítimo) tornou-se a fonte crucial de vantagem sustentável e de desenvolvimento (Radhika, 2012). O sucesso do porto não é determinado apenas pela infraestrutura e superestrutura, mas cada vez mais pela forma como a gestão do porto direciona a interação entre os diferentes stakeholders para um objetivo comum (Henesey *et al.*, 2003). Martin e Thomas (2001) definem a comunidade portuária como uma organização comercial, na qual os serviços combinados apoiam o porto na transferência de cargas entre os modos de transporte marítimo e terrestre. A comunidade portuária inclui o provedor de instalações e infraestrutura portuária, prestadores de serviços de manuseio de carga, operadores e agentes de navegação, operadores de transporte terrestre e

representantes de carga, que podem ser estendidos para incluir o subsistema da cadeia de hinterland.

A integração da Cadeia de Abastecimento implica colaboração estratégica de parceiros e colaboração em processos organizacionais. Envolve o alinhamento e a coordenação de pessoas, processos, informações, conhecimentos e estratégias, em toda a cadeia de abastecimento. O objetivo é facilitar o fluxo material, financeiro, de informação e conhecimento, de forma eficiente e eficaz, no atendimento aos clientes. Vickery *et al.* (2003) identificaram os atributos de uma estratégia de Cadeia de Abastecimento integrada como tecnologias e práticas de integração. Os portos desempenham um papel importante na gestão e coordenação dos fluxos de materiais e informações na Cadeia de Abastecimento, uma vez que o transporte é parte integrante da cadeia. O objetivo é criar interesses convergentes entre as partes interessadas na comunidade portuária e logística para garantir confiabilidade, serviço contínuo e nível adequado de produtividade. Radhika (2012) relata a importância dos portos como membros da Cadeia de Abastecimento. O porto é considerado parte de um conjunto de organizações, nas quais diferentes operadores de transporte e logísticos estão interessados em criar valor para o consumidor final. O desempenho da Cadeia de Abastecimento marítimo internacional tornou-se uma fonte crucial de vantagem sustentável. Um porto integrado da cadeia de abastecimento é caracterizado pela comunicação ininterrupta e redução de custos nas operações, através do conceito just-in-time, pela interconectividade e interoperabilidade das operações de infraestrutura e modais, e pela prestação de serviços com valor acrescentado e satisfação do cliente (Aydogdu e Aksoy, 2015).

Chandra e van Hillegersberg (2017) argumentam que existem cinco funções na rede colaborativa nos portos: membros, operadores de PCS, parceiros da Cadeia de Abastecimento, outros parceiros e controladores da Cadeia de Abastecimento no porto. Eles também argumentam que existem quatro fases de colaboração: pré-colaboração, consolidação da parceria, desenvolvimento do PCS e redesenho da parceria portuária. As empresas são motivadas a expandir as operações globalizadas para crescer e sobreviver e, assim, aproveitar o desenvolvimento de novas tecnologias e capacidades (Bowersox e Closs, 2001).

O conceito de Internet Física inicialmente introduzido por Montreuil (2011) é definido como um sistema logístico aberto orientado para o transporte de objetos físicos em todo o

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.14, Edição Especial 1, 2021.

mundo de forma sustentável e eficiente. É uma metáfora da internet digital às redes de serviços de logística. A Internet Física é baseada em sistemas altamente interconectados que permitem um compartilhamento contínuo de informações e ativos, levando a um uso eficiente dos recursos disponíveis através da consolidação de fluxos dentro do sistema. Mais do que uma realidade, a Internet Física contém uma visão para o futuro próximo e as diretrizes para uma mudança de comportamentos. A Plataforma Tecnológica Europeia ALICE (Aliança para a Inovação Logística através da Colaboração na Europa) é uma plataforma criada com foco na definição de uma estratégia para a investigação em inovação na gestão da Cadeia de Abastecimento. As pesquisas e declarações desta plataforma podem levar à adoção de uma Internet Física. A implementação de uma Internet Física utilizará as informações disponibilizadas pela Internet das Coisas (IoT) utilizando smart tags como elemento chave para a coleta de dados. A colaboração é considerada como algo garantido entre os parceiros envolvidos e a confiança é um fator crítico para o sucesso. A visão de uma Internet Física está guiando a transição de Cadeias de Abastecimento Isoladas para Cadeias de Abastecimento Abertas (Simmer *et al.*, 2017).

O trabalho proposto foca, em especial, no efeito que o sistema de comunidade portuária (PCS) pode ter no desenvolvimento de uma Internet Física.

3 SISTEMAS COMUNITÁRIOS PORTUÁRIOS E INTERNET FÍSICA DOS CENTROS DE TRANSPORTE

A crescente importância da comunicação entre as partes interessadas do porto transformou os sistemas de informação portuária em sistemas comunitários de portos. A comunidade portuária envolve diversas organizações privadas e públicas, que tradicionalmente atuam em processos relacionados à atividade portuária, de forma bastante fragmentada (Cordova e Duran, 2012; Sweeney e Evangelista, 2005, Tijan *et al.*, 2012). A complexidade da comunidade portuária e a grande quantidade de troca de dados, mensagens e documentos entre os membros da comunidade portuária destacam o papel que o PCS pode assumir como afetador e promotor do desenvolvimento de uma Internet Física.

3.1 FASEAMENTO DOS PCS

Existem vários serviços principais oferecidos pelo PCS, com diferentes níveis de evolução, e os portos podem ser categorizadas de acordo com a evolução do PCS. O desenvolvimento do PCS pode ser baseado na teoria do ciclo de vida, com fases como implantação, desenvolvimento, consolidação, expansão e orientação para inovação de ponta, e um vínculo com os ciclos de vida do próprio porto (Figura 1):

Primeira fase: o PCS inclui apenas as notificações básicas de chegada de navios e mercadorias, principalmente para fins estatísticos e de resposta a entidades externas;

Segunda fase: os sistemas de portos passaram a incluir as autorizações de entidades portuárias, como autoridade portuária, alfândega, serviço de fronteira, polícia marítima e autoridades sanitárias e suas declarações. Os PCS passaram a incluir a faturação automática de autoridades e vários automatismos de autorizações de navios, eliminando o papel no processo portuário;

Terceira fase: na fase de expansão, que pode estar associada à regionalização dos portos, os portos ampliam seu escopo e passam a coletar informações de sensores das cadeias marítimo-logísticas que os atravessam, incluindo transporte rodoviário e ferroviário, portos secos, companhias marítimas e passagem pelas cidades, com informações sobre a situação da carga para toda a cadeia logística, visando a sincronização e transparência e visibilidade dos processos e fluxos;

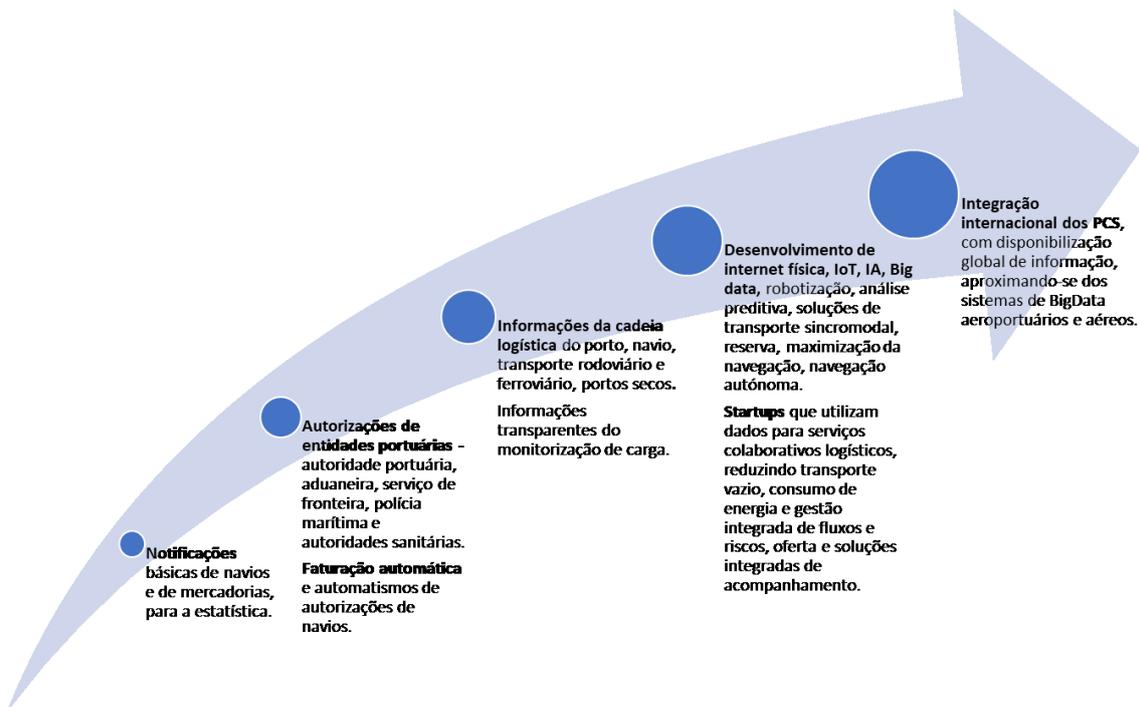
Quarta fase: do empreendedorismo público, que pode estar associado à fase do PDC portuário de Langen e Lugt (2017), os PCS mais avançados têm criado oportunidades que propiciam o surgimento de um ninho de novas empresas e inovação avançada. Baseia-se em novos modelos de negócio, através do desenvolvimento de aplicações de Inteligência Artificial, robotização, análise dos portos, análise de Big Data, analítica preditiva, aconselhamento de escalonamento de carga baseado em probabilidade, fluxo integrado e gestão de risco, oferta e soluções de encaminhamento múltiplo integrado.

A quarta fase do PCS corresponde ao estabelecimento das condições necessárias ao desenvolvimento de uma Internet Física. O uso de tags inteligentes nas unidades de carga (IoT) permite o monitoramento em tempo real da localização da carga que pode apoiar o

desenvolvimento de soluções de transporte sincromodal, reserva, maximização da navegação, navegação autônoma, entre outros;

Quinta fase: consiste na integração internacional dos PCS, com a disponibilização global de informações, à semelhança dos sistemas BigData Global Aeroportuário e Aéreos. Somente nesta fase transnacional será possível integrar plenamente as Cadeias de Abastecimento, com total disponibilidade e total transparência dos dados, a menos que sejam sigilosos, mas permitindo uma rápida gestão global de previsões das cadeias logísticas, otimização de transportes, integração de meios de transporte e negócios de importação e exportação, com concretização da internet física.

Figura 1 – Fases de evolução do PCS em direção à Internet Física



Fonte: Elaborado pelos autores.

Caldeirinha *et al.* (2020), referem que existe uma forte relação entre o sistema portuário comunitário e o desempenho portuário, mas os fatores de desempenho têm pesos diferentes. O sistema de comunidade portuária é muito relevante para o desempenho portuário e envolve como principais construtos os serviços avançados, serviços específicos de navios e rede de parceiros. O desenvolvimento de novos serviços logísticos e avançados são importantes como determinantes do desempenho portuário. Na maioria dos casos, os serviços portuários incluídos no sistema de comunidade portuária limitam-se à digitalização

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.14, Edição Especial 1, 2021.

dos processos de navios e cargas, não por redesenho e simplificação de processos, nem pela criação de novos serviços que agreguem valor às modernas cadeias logísticas e atendam às suas necessidades de transparência, automação e algoritmos baseados em decisão e grande quantidade de informações disponíveis.

Os gestores portuários devem concentrar a energia na criação de uma rede de parceiros, colaborando para objetivos comuns e compartilhando as informações de carga e navio no sistema comunitário portuário. Esta rede deve incluir não só os agentes portuários, mas também os parceiros da Cadeia de Abastecimento alargada (Caldeirinha *et al.*, 2020).

3.2 INTERNET FÍSICA

O conceito de Internet Física tem sido um tópico de intensa pesquisa desde o seu surgimento em 2010 (Montreuil, 2011), pela comunidade acadêmica e industrial. As principais tendências na pesquisa acadêmica são divididas em i) modelos conceituais, ii) avaliação de desempenho e iii) ferramentas de tomada de decisão baseadas em ferramentas de Pesquisa Operacional ou Simulação (Venkatadri *et al.*, 2016; Karakostas, 2019; Pan, 2019; Yang *et al.*, 2017). Para a indústria, a Internet Física é um conceito pragmático que visa a adoção de novas práticas para alcançar Cadeias de Abastecimento mais sustentáveis. A Plataforma Europeia ALICE identificou cinco objetivos: 1) sistemas de informação, 2) coordenação da rede da Cadeia de Abastecimento global, 3) cadeias de abastecimento logísticas sustentáveis, 4) corredores, centros, sincromodalidade e 5) logística urbana. A Internet Física é, sem dúvida, para acadêmicos e profissionais, um modificador de mentalidade.

3.3 DOS PCS À INTERNET FÍSICA

Irannezhad *et al.* (2017) examinaram as vantagens de usar um agente inteligente na cooperação PCS com as vantagens de compartilhar informações dos veículos e a decisão comum sobre a otimização do transporte na Cadeia de Abastecimento.

Muitas das inovações envolvendo Inteligência Artificial (IA) e robôs vêm de empresas iniciantes. É por isso que o Porto de Rotterdam tem atraído start-ups e auxiliado no seu desenvolvimento, investindo em programas de aceleração. Por exemplo, com a start-up YES! Delft, foi lançado o programa Port Innovation Lab. No momento, novos portos estão a

trabalhar para tornar as suas ideias de IA em negócios escalonáveis e os portos são um campo de teste ideal para robôs. A Navis, uma empresa da Cargotec Corporation, juntamente com a Microsoft China e a Moffatt & Nichol, anunciou uma equipe conjunta para explorar oportunidades de automação e integração e soluções de infraestrutura e sistemas de terminais portuários, proporcionando maneiras mais rápidas de melhorar a produtividade, segurança e sustentabilidade.

Modelos preditivos de Inteligência Artificial dependem da aprendizagem de máquina (ML) e da análise de dados passados, estabelecendo regras para futuras ações na Cadeia de Abastecimento portuária e marítima. Por exemplo, uma pessoa que trabalha num porto pode saber por experiência própria que 80% das entregas geralmente chegam atrasadas a uma transportadora A do Porto B. Mas não há tempo ou informações disponíveis para fazer mais do que informar o cliente sobre o atraso quando isso acontece. No entanto, um PCS habilitado para IA pode prever a probabilidade de um único contentor chegar atrasado do Porto B numa determinada data. Se esse valor for alto, a plataforma redireciona o contentor para evitar atrasos. O algoritmo pode ter acesso a milhares de registos de Big Data, ter acesso a centenas de variáveis de IoT (internet das coisas) e pode usar vários modelos preditivos milhares de vezes em segundos, para ter relacionamentos preditivos confiáveis, para aprender e prever relações que os humanos nunca imaginaram. Nenhum ser humano poderia dedicar tanta atenção a uma transação e tomar uma decisão tão complicada num curto espaço de tempo e com base em grandes quantidades de dados. A avaliação rápida e exaustiva das possibilidades vai fazer a diferença na cadeia logística e nos portos e são novos serviços a serem oferecidos por um PCS integrado a nível global, rumo a um modelo de Internet Física.

Com a IA, um sistema de reserva de veículos no terminal portuário e portaria e de slots de navio torna-se mais do que uma forma de controlar os contentores. Pode ser um sistema de gestão de capacidade e serviço de qualidade total. O sistema pode-se tornar tão sofisticado que as reservas podem ser otimizadas e alocadas pelo algoritmo, que comandará as ações dos camiões (ou os algoritmos de condução destes) e os equipamentos de estacionamento e doca do terminal portuário, bem como os slots de navios e até mesmo o navio. Isso reduz tempo, energia e custos. Ao otimizar o planeamento de equipamentos e funcionários, o porto se torna mais "Lean", mais flexível e mais capaz de responder a ambientes e mercados em mudança.

A maioria das Cadeias de Abastecimento carece de transparência em locais críticos, como portos e nos processos da cadeia de logística, bem como a visibilidade é necessária para melhor prever e prevenir distúrbios, mudanças e desequilíbrios de stock. Uma das ferramentas é o cálculo do risco preditivo. Isso ajuda os operadores a entender, por exemplo, a probabilidade de um navio atrasar. Centenas de modelos de simulação são gerados por remessa para fornecer a probabilidade de uma mudança de status e o resultado pode ser, por exemplo, que 87% das 130 simulações preveem que esta remessa chegará atrasada.

3.4 EXEMPLOS EUROPEUS

Na Europa, há casos de aplicações privadas em desenvolvimento em portos na Holanda e na Bélgica, que estão a oferecer serviços logísticos inovadores:

NxtPort: a plataforma de utilização de dados NxtPort foi criada para facilitar as práticas de partilha de dados entre utilizadores no porto de Antuérpia (Carlan *et al.*, 2018). NxtPort aborda o tipo específico de transferência de dados que não foi coberto por outros sistemas portuários. Foi criado por uma empresa privada e tem como objetivo principal integrar dados de operadores de terminais. Espera-se que o NxtPort aumente a eficiência operacional dos stakeholders do porto, sobrepondo uma nova camada de dados às informações existentes. Além disso, a plataforma visa criar valor agregado para proprietários de dados e utilizadores, permitindo que aplicativos de mercado sejam construídos com os dados existentes;

NextLogic: o porto de Roterdão introduziu uma iniciativa paralela - NextLogic - estabelecida para e pelo mercado. Porém, a sua abordagem é diferente da NxtPort, que é uma plataforma de integração que, após integrar informações de diferentes fontes, visa oportunidades de desenvolvimento. Em vez disso, a NextLogic tem uma abordagem ascendente desde o início, a plataforma tem como objetivo fornecer soluções para vários problemas de otimização enfrentados por empresas de logística que operam no porto de Roterdão. A NextLogic é uma plataforma de integração de dados que aborda os sistemas de transporte de contentores e empresas de logística (por exemplo, operadores de barças, terminais terrestres, terminais portuários e armazéns, armadores e despachantes de carga no porto de Roterdão). A NextLogic concentra-se em lidar de forma mais eficiente com o transporte de contentores terrestres, fornecendo uma plataforma na qual toda a cadeia de

transporte pode trabalhar em conjunto. Os benefícios para as partes interessadas da cadeia de abastecimentos que aderem ao NextLogic incluem um planejamento mais confiável e tempo de resposta previsível, otimização do uso de terminais portuários, guindastes e barcas, com conexões ao porto (Carlan *et al.*, 2018). A plataforma é financiada pela Autoridade Portuária e Rijkswaterstaat, a agência responsável por projetar, construir, gerir e manter a infraestrutura principal na Holanda. Os objetivos incluem fortalecer a competitividade do Porto de Roterdão e estimular o crescimento do transporte de contentores no hinterland. As empresas do setor privado firmaram contratos de uso do NextLogic e forneceram informações para o projeto e operação da plataforma;

CargoStream: CargoStream é uma iniciativa de integração de dados que se baseia na participação de todas as partes interessadas na Cadeia de Abastecimento, expedidores, terminais intermodais, operadores ferroviários e de barcas e operadores logísticos. Este é outro bom exemplo de co-inovação. A plataforma foi desenvolvida pela Nallian, empresa focada em melhorar a colaboração na cadeia de abastecimentos. Como uma plataforma aberta, a CargoStream oferece uma arquitetura plug & play, permitindo que os provedores de soluções ofereçam os seus algoritmos na plataforma. Os carregadores participantes contribuem para o seu desenvolvimento, fornecendo informações e compartilhando conhecimentos. O objetivo desta plataforma independente, neutra, aberta e pan-europeia é ajudar os carregadores participantes a reduzirem os seus quilómetros de transporte na autoestrada, combinando as suas necessidades de transporte com outros carregadores, para que as taxas de utilização dos veículos possam ser melhoradas e a distribuição das rotas possa ser otimizada e o uso de transporte multimodal melhorado. Os remetentes comunicam suas necessidades regulares de transporte ao CargoStream e a plataforma organiza essas informações, agrega as necessidades de vários remetentes e aplica algoritmos de otimização de última geração para fornecer opções de remessa para a carga específica. Além disso, por se tratar de uma plataforma neutra, a propriedade dos dados dos remetentes é garantida;

Avantida: Avantida é uma empresa de desenvolvimento de software, que iniciou o conceito inovador de reutilização. O objetivo é fornecer aos armadores e outros proprietários de contentores uma forma de usar os contentores de forma mais eficiente (Carlan *et al.*, 2018). Por meio dessa plataforma, os contentores vazios das operações de importação podem

ser reaproveitados para as operações de exportação, permitindo o casamento dos pedidos de transporte completos com as viagens planejadas dos vazios. Noutras palavras, este aplicativo permite que as empresas de transporte de contentores comuniquem com os operadores terrestres e integrem as suas necessidades de transporte e capacidades não utilizadas. Com a utilização dessa plataforma, minimizando o transporte improdutivo de espaços vazios nos contentores, são gerados benefícios para todas as partes envolvidas. Além disso, esta iniciativa inovadora resulta na redução dos custos de transporte e das emissões de CO₂ para as transportadoras e pode contribuir para a redução do congestionamento portuário;

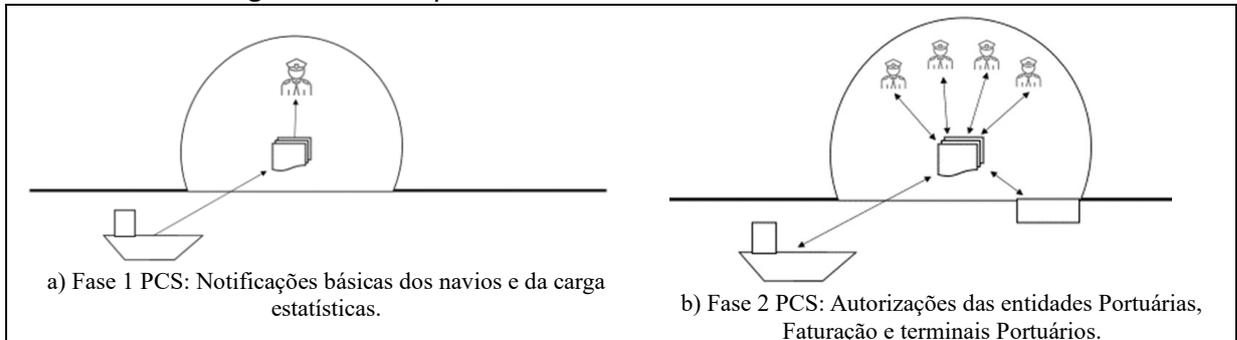
EuroTransCon: outro exemplo de inovação portuária é o mecanismo de correspondência desenvolvido pela Hakka, um spin-off da empresa de tecnologia Inuits. Esta solução é baseada num conceito inovador introduzido por uma empresa de transporte rodoviário, denominado EuroTransCon, por meio do qual são realizadas trocas de contentores para melhorar a colaboração e a comunicação na indústria de transporte rodoviário (Carlan *et al.*, 2018). Dessa forma, os contentores vazios não são devolvidos aos depósitos portuários, mas são recarregados nas proximidades de onde foram descarregados. Assim, a Hakka reúne operadores de transporte rodoviário na área portuária para completar suas tarefas de transporte com mais eficiência;

Ertico ITS Europe: foi fundada por 15 organizações de 5 setores empresariais. “Cooperação e Coordenação, para um melhor transporte na Europa”. O objetivo é aumentar a interoperabilidade, a conectividade na otimização dos fluxos de carga e facilitar a gestão da cadeia de abastecimento, fazendo melhor uso dos recursos existentes. Até 2030, a meta é conseguir uma logística e transporte de carga contínuos e, até 2025, alcançar a digitalização e automação completa das operações de frete e logística. E a criação de sinergias entre tendências tecnológicas (ou seja, Inteligência Artificial, Big Data, Internet das Coisas, Automação) e soluções inteligentes para Transporte e Logística. A Ertico também promove a cooperação internacional por meio de vários projetos europeus cofinanciados.

4 O PAPEL DO PCS NO DESENVOLVIMENTO DA INTERNET FÍSICA

Verifica-se que grande parte dos PCS ainda está na segunda fase, com um sistema simples de operação e conexão entre os interlocutores portuários, para facilitar as operações com navios e cargas (Figura 2).

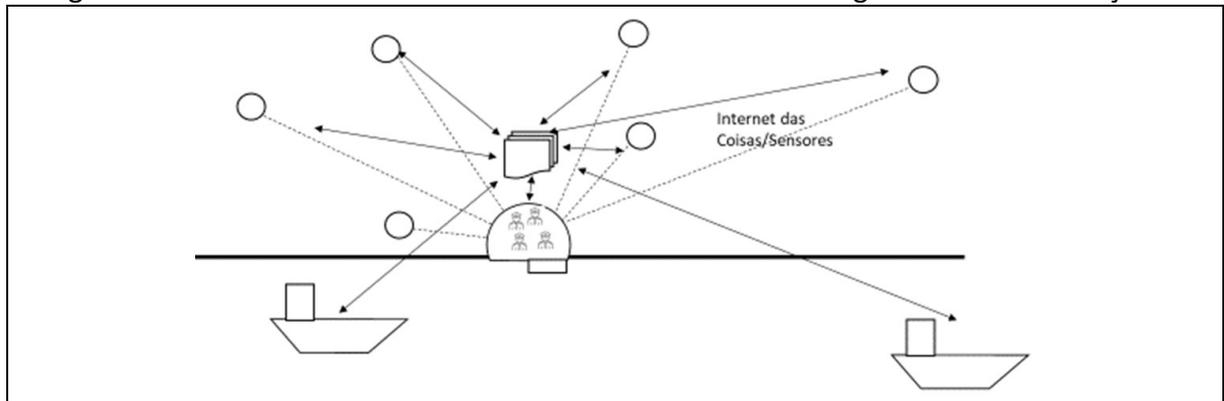
Figura 2 – Duas primeiras fases de desenvolvimento do PCS



Fonte: Elaborado pelos autores.

Alguns, como é o caso de Portugal, já estão a desenvolver a terceira fase, com a sua expansão para o hinterland, com a inclusão dos restantes interlocutores da cadeia logística fora dos portos, em terra, incluindo transportadores terrestres, carregadores e operadores de plataformas logísticas e industriais, coletando informações sobre a localização das cargas com sensores e disponibilizando as informações de forma transparente (Figura 3).

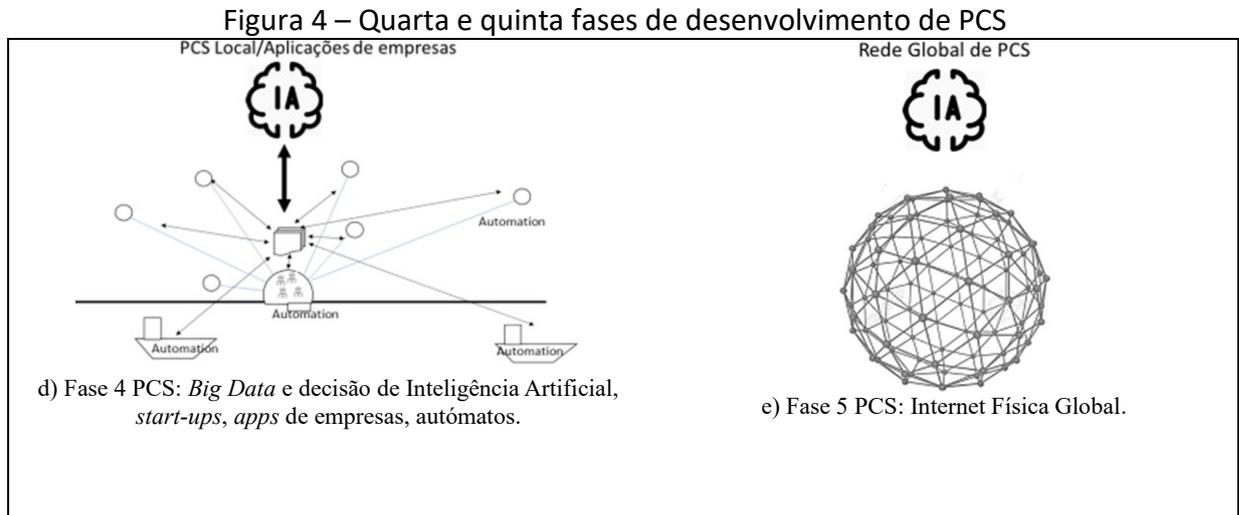
Figura 3 – Terceira fase de desenvolvimento de PCS: Cadeia logística e monitorização



Fonte: Elaborado pelos autores.

No entanto, poucos portos estão a caminho da quarta fase do PCS, rumo a uma verdadeira Internet Física, que inclui sistemas inteligentes automatizados de decisão e previsão, com dados disponíveis para plataformas privadas que oferecem serviços de valor agregado baseados em Inteligência Artificial, em Big Data e na otimização e previsão das melhores rotas em sistemas de colaboração, com o empoderamento de start-ups inovadores,

deixando o PCS de ser apenas um sistema centralizado, para passar a beneficiar da inovação de toda a Cadeia de Abastecimento (Figura 4).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por outro lado, ainda estamos muito longe da quinta fase, que envolverá a colaboração internacional nos grupos económicos dos países ou mesmo a nível global, com vista a partilhar informações de baixo para cima desde o PCS para toda a cadeia de forma descentralizada, suportando aplicações e plataformas que ofereçam serviços como no caso dos aeroportos e transportes aéreos, em que todas as ofertas integradas de transportes podem ser consultadas online em todos os modos (horários e preços, sabendo-se dos eventos, atrasos, problemas, vantagens e oportunidades para uma decisão automática das melhores rotas para cada carga, dos melhores modos de transporte, da agregação automática de cargas e despacho) aproximando-se da internet digital real, e assim de uma Internet Física. Para esta fase deverão ser criados organismos e modelos de colaboração internacional que defendam a livre concorrência e a transparência, mas também a confidencialidade e as vantagens competitivas de cada porto e de cada operador ou carregador.

Ou seja, será importante estudar melhor como a organização que permite a cooperação entre países e portos pode ser desenvolvida para fazer Sistemas Comunitários Portuários de Colaboração Horizontal adotem o paradigma da Internet Física. A implementação de uma Internet Física pode demorar décadas, mas a mudança nos serviços prestados pelo PCS está a mudar a mentalidade de Cadeias de Abastecimento Isoladas para Cadeias de Abastecimento Abertas, promovendo a Internet Física.

5 DISCUSSÃO

Confirma-se que o faseamento do PCS pode ser dividido em quatro fases atuais, com a maioria dos PCS dos portos nas três primeiras fases, com alguns portos no início da quarta fase, mas sem orientação clara de como concluir ou prosseguir nesta fase.

Confirma-se que existe uma quinta fase que envolverá a integração de todos os PCS, ou pelo menos dos principais portos mundiais, eventualmente com um faseamento nacional e regional da integração dos PCS e das respetivas cadeias logísticas com o hinterland, com vista a alcançar uma verdadeira Internet Física e a otimização e sustentabilidade global das cadeias logísticas marítimas.

Confirma-se também que será necessário avançar para um modelo de organização internacional que permita a colaboração entre países e portos para estabelecer regras para a integração dos PCS e o desenvolvimento da Internet Física Global.

6 CONCLUSÃO

Este artigo foca o desenvolvimento de Sistemas Comunitários e Logísticos Portuários e o impacto da colaboração na comunidade portuária. A digitalização efetuada para a implementação e desenvolvimento dos Sistemas Comunitários Portuários tem permitido o acesso a um número significativo e relevante de informação descritiva das Cadeias de Abastecimento que pode apoiar uma tomada de decisão acertada.

A digitalização e o aumento das atividades de rede nos portos marítimos, criam condições para aumentar a colaboração entre empresas. O acesso a informações estruturadas cria oportunidades para o desenvolvimento de novos modelos de negócios desenvolvidos por meio de start-ups baseados em tecnologia. Novos aplicativos e serviços estão a surgir como uma camada intermediária entre o carregador e a Cadeia de Abastecimento, que está a assumir uma função e forma semelhantes a uma Internet Física. O dono da carga está cada vez mais a contratar um serviço de entrega sem acesso aos detalhes de como é feito o transporte, mas com garantia de que a carga será entregue no prazo e de forma sustentável.

Através da análise realizada neste estudo, concluímos que a implementação de uma Internet Física pode levar décadas, mas a mudança nos serviços prestados pelo PCS está a

configurar uma mudança de mentalidade das Cadeias de Abastecimento Isoladas para Cadeias de Abastecimento Abertas, promovendo a Internet Física.

A principal contribuição para a ciência e a economia consiste na visão, pela primeira vez, de forma clara, do faseamento do desenvolvimento e do objetivo futuro do PCS portuário no sentido de integrar Inteligência Artificial e Big Data e poder servir uma verdadeira Internet Física para Cadeias de Abastecimento marítimo, sendo fundamental para os decisores políticos e portuários compreender a necessidade de colaborar com entidades privadas, start-ups e na cadeia logística e a nível nacional e internacional com outros países e portos, de forma a melhorar a eficiência global das cadeias de abastecimento marítimas internacionais.

Organizações internacionais como a União Europeia e a UNCTAD podem ter um papel muito importante na quarta e quinta fases, proporcionando conhecimento, plataformas comuns e experiência em inovação e inclusão de IoT, Big Data e IA nos PCS, na criação de ecossistemas de inovação em portos, sem centralização na negociação da ligação global dos PCS dos diferentes portos e países, necessário à criação de uma Internet Física nas cadeias de abastecimento marítimo.

Para o futuro, devem ser desenvolvidos mais estudos sobre os possíveis desenhos dos mecanismos de cooperação internacional com vista à integração dos PCS, bem como para entender a melhor forma de o PCS da terceira fase passar para a quarta fase, com menor centralização e maior incorporação de inovações de start-up e integração com as Cadeias de Abastecimento, oferecendo valor agregado.

As limitações deste estudo residem essencialmente na necessidade de maior confirmação da visão desenvolvida, através de inquérito a especialistas, ainda não desenvolvido, especificando melhor o peso das subvariáveis de cada fase do PCS e o seu contributo para o objetivo da Internet Física.

REFERÊNCIAS

- AYDOGDU, Y.V., AKSOY, S. (2015). A study on quantitative benefits of port community systems. **Maritime Policy and Management**, 42 (1), pp.1-10.
- BICHOU, K., GRAY, R.A. (2005). A critical review of conventional terminology for classifying seaports. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, vol.39(1), pp.75-92.
- BOWERSOX, D.J., GLOSS, D.J. (2001). **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas.
- CALDERINHA, V., FELÍCIO, A., SALVADOR, A., NABAIS, J. and PINHO, T. (2020). The impact of port community systems (PCS) characteristics on performance. **Research in Transportation Economics**, 80, <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100818>.
- CARLAN, V., CHRISTA, S., CALATAYUD, A. & VANELSLANDER, T. (2018). **Digital Innovation in Maritime Supply Chains**, IDB.
- CARLAN, V., CHRISTA, S., VANELSLANDER, T. (2016). Port Community Systems costs and benefits: From competition to collaboration within the supply chain. **Hellenic Institute of Transport**.
- CHANDRA, D.R., Van HILLEGERSBERG, J. (2017). Governance lifecycles of inter-organizational collaboration: A case study of the port of Rotterdam. **Procedia Computer Science**, 121, 656–663.
- CORDOVA, F., DURAN, C. (2012). Conceptual analysis for the strategic and operational knowledge management of a port community. **Informatica Economica**, 16, 35-44.
- De LANGEN, P.W., VAN DER LUGT, L.M. (2017). Institutional reforms of port authorities in the Netherlands: The establishment of port development companies. **Research in Transportation Business & Management**, 22, 108–113.
- HENESEY E.L., NOTTEBOOM, E.T., & DAVIDSON, P. (2003). **Agent-based simulation of stakeholders relations: An approach to sustainable port terminal management**. International Association of Maritime Economists Annual Conference. Busan, Korea.
- IRANNEZHAD, E., HICKMAN, M. & PRATO, C. (2017). Modeling the efficiency of a port community system as an agent-based process. **Procedia Computer Science**, 109C 917–922.
- KARAKOSTAS, B. (2019). Modelling and Simulation of a Physical Internet of Transportation Hubs. **Procedia Computer Science**, vol.151, pp.17-22.
- MARTIN, J., THOMAS, B.J., (2001). The container terminal community. **Maritime Policy & Management**, 28 (3), 279-292.
- MONTREUIL, B. (2011). Toward a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge. **Logistics Research**, vol.3, pp.71-87.
- Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.14, Edição Especial 1, 2021.

- PAN, S. (2019). Opportunities of Product-Service System in Physical Internet. **Procedia CIRP** 83, pp.473-478.
- RADHIKA, D. (2012). The new role of seaports as integral parts of global supply chains. **International Journal of Multidisciplinary Management Studies**, 2 (4), 131-144.
- RODON, J. RAMIS-PUJOL, J., (2006). Exploring the intricacies of integrating with a port community system. **19th Bled eConference eValues**, Bled, Slovenia.
- SIMMER, L., PFOSER, S., GRABNER, M., SCHAUER, O., PUTZ, L.M. (2017). From Horizontal Collaboration to the Physical Internet – **A Case Study from Austria**. *International Journal of Transport Development and Integration*. Vol.1, pp.129-136
- SWEENEY, E., EVANGELISTA, P. (2005). Supply chain learning needs: Towards a port community perspective. **Journal of Maritime and Transportation Sciences**, 42 (1), 93-108.
- TIJAN, E., AGATIĆ, A., HLAČA, B. (2012). The necessity of port community system implementation in the Croatian seaports. **Promet-Traffic & Transportation**, 24 (4), 305-315.
- VENKATADRI, U., KRISHNA, K.S., ULKU, M.A. (2016). On the Physical Internet Logistics: Modeling the Impact of Consolidation on Transportation and Inventory Costs. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, vol.13(4), pp.1517-1527.
- VICKERY, S.K., JAYARAM, J., DROGE, C. CALANTONE, R. (2003). The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: An analysis of direct versus indirect relationships. **Journal of Operations Management**, 21, 523–539.
- WANG, J., OLIVIER, D., NOTTEBOOM, T., SLACK, B. (eds.), (2007). **Ports, cities, and global supply chains**. Aldershot: Ashgate Publishing.
- YANG, Y., PAN, S., BALLOT, E. (2017). Innovative Vendor Managed Inventory Strategy Exploiting Interconnected Logistics Services in The Physical Internet. **International Journal of Production Research**, vol.55, pp.2685-2702.