



Logística portuária sustentável – uma análise de experiências internacionais

Sustainable port logistics - an analysis of international experiences

Delmo Alves Moura

Universidade Federal do ABC (UFABC)

e-mail: delmo.moura@ufabc.edu.br

<http://orcid.org/0000-0002-0458-9735>

Resumo

As operações portuárias promovem uma alta emissão de gases de efeito estufa, poluição sonora, material particulado e gera resíduos sólido e líquidos. Estes elementos, denigrem o meio ambiente e se não houver um sistema de gestão ambiental bem definido, o meio ambiente, o entorno e a cidade onde o porto está localizado, sofrerão graves consequências. O objetivo deste trabalho foi avaliar a gestão ambiental portuária de 14 terminais portuários europeus, através de visitas técnicas *in loco* e aplicação de um questionário *online*, ambos fundamentados no sistema de Auto-Diagnóstico, definido pelo EcoPorts, que é um padrão internacional de boas práticas ambientais portuárias, para os portos que tem como meta uma certificação ambiental internacional (*green operations*). Os portos selecionados na pesquisa, fazem parte do sistema de corredores verdes europeus implantados na Comunidade Europeia, com foco no sistema logístico sustentável. O estudo mostra que os terminais portuários que implantaram o sistema de boas práticas definido pelo Auto-Diagnóstico do EcoPorts europeu, conseguiram obter a certificação internacional de gestão ambiental (*green operations*) ou estão em fase final de obtenção.

Palavras-chave: Operações Portuárias; Sustentabilidade; Gestão Ambiental.

Abstract

Port operations promote a high emission of greenhouse gases, noise pollution, particulate matter and generate solid and liquid waste. These elements denigrate the environment and if there is no well-defined environmental management system, the environment, the surroundings and the city where the port is located will suffer serious consequences. The objective of this work was to evaluate the environmental port management of 14 European port terminals, through technical visits *in loco* and application of an online questionnaire, both based on the Self-Diagnosis system, defined by EcoPorts, which is an international standard of good practices environmental standards for ports that have international environmental certification as their goal (*green operations*). The ports selected in the survey are part of the European green corridor system implemented in the European Community, with a focus on the sustainable logistics system. The study shows that the port terminals that implemented the system of good practices defined by the European EcoPorts Self-Diagnosis, managed to obtain the international certification of environmental management (*green operations*) or are in the final stage of obtaining it.

Keywords: Port Operations; Sustainability; Environmental Management.

1. Introdução.

As operações portuárias, de forma geral, contribuem para a emissão de gases poluentes no ar, materiais particulados, geração de resíduos sólidos e líquidos, que acabam trazendo diversos problemas para as pessoas que atuam diretamente no porto, assim como para a população, que vive em torno de um porto, assim como para as cidades onde eles estão localizados.

Desta forma, é essencial que haja um trabalho de implantação de monitoramento e melhorias nas operações portuárias, visando um sistema sustentável operacionalmente, para que haja harmonia entre o porto, a população local, seu entorno e as cidades.

A União Europeia, os Estados Unidos, Canadá, Coréia do Sul, Japão, China já possuem portos que atuam de forma sustentável logisticamente, com uma gestão ambiental adequada e rigorosa, promovendo atividades limpas (*green*) com o uso de energias renováveis, sustentáveis, com inovação nos processos e novas tecnologias em suas operações.

As operações portuárias, especificamente relacionadas a logística de movimentação de cargas, são caracterizadas pelo uso intenso de equipamentos no processo de carregamento e descarregamento dos navios, das operações de movimentação de cargas e armazenagem em seu pátio alfandegário, na circulação de veículos que chegam e saem dos terminais portuários (caminhões), na intermodalidade com os trens e demais embarcações fluviais que chegam e saem dos portos, assim como dos próprios navios que atracam, para serem carregados ou descarregados. Os portos são elementos essenciais na

cadeia de transporte marítimo, pelo alto volume de cargas movimentadas (TALLEY; NG; MARSILLAC, 2014).

Quando se trata de desenvolvimento sustentável logisticamente é essencial se focar em três elementos relevantes, econômico, social e ambiental e um porto deve primar para balancear estes elementos e buscar tornar suas operações limpas/*green* (ROH; THAI; WONG, 2016). A perspectiva econômica que inclui o retorno sobre o investimento, a eficiência do uso da área portuária e os investimentos nas instalações portuárias, para que as empresas maximizem seu desempenho. A perspectiva social, relacionada com as atividades portuárias direta e indiretamente, que contribua para desenvolvimento profissional dos seus colaboradores, na provisão adequada dos serviços sociais, incluindo saúde e educação, na igualdade de gênero e no atendimento de uma série de necessidades básicas.

O desempenho ambiental consciente para uma gestão transparente e incumbida de gerenciar a poluição sonora, a qualidade do ar, a qualidade da água, os resíduos sólidos e líquidos, o uso de energias renováveis, a operação de dragagem sustentável etc. (SISLIAN; JAEGLER; CARIOU, 2016).

Este trabalho apresenta as experiências de algumas operações portuárias, consideradas sustentáveis, aplicadas em portos internacionais e define quais elementos são primordiais para uma gestão portuária sustentável. Portanto, este trabalho pretende responder a seguinte questão: Quais são os elementos essenciais nas boas práticas em operações logísticas portuárias sustentáveis?

O objetivo deste trabalho foi avaliar a gestão ambiental portuária de 14 terminais portuários europeus, através do sistema de Auto-Diagnóstico, definido pelo EcoPorts, que é um padrão internacional de boas práticas ambientais portuárias, para os portos que tem como meta uma certificação ambiental internacional (*green operations*).

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: 2. Revisão da Literatura, 3. Metodologia da Pesquisa, 4. Experiências Internacionais de Gestão Portuária Sustentáveis, 5. Discussão, 6. Conclusão e Referências.

2. Revisão da literatura.

Segundo Sislian, Jaegler e Cariou (2016), quando um porto se preocupa com o item sustentabilidade em suas operações, ele preserva o meio ambiente. Isto pode colaborar para que ele alcance sua estabilidade econômica e promova melhorias contínuas com foco nos regulamentos ambientais. O foco na sustentabilidade promove oportunidades de um porto adotar políticas de gestão ambiental e social que contribua para o desenvolvimento da região, do bem-estar do entorno, da cidade e da comunidade. O conceito de sustentabilidade nos portos requer a busca simultânea da prosperidade econômica, da qualidade ambiental e da responsabilidade social.

Puig et al. (2017) analisaram o desempenho ambiental do setor portuário, com base em uma ampla representação dos membros EcoPorts (considerada a principal iniciativa ambiental do setor portuário europeu). Vários portos foram avaliados desde 1997 e se encontram totalmente alinhados com a política ambiental da Organização Europeia de Portos Marítimos – ESPO). O princípio abrangente do EcoPorts é aumentar a conscientização sobre a proteção ambiental através da cooperação e compartilhamento de conhecimento entre os portos e melhorar gestão ambiental. Os dados e resultados deste estudo são derivados do Método de Autodiagnóstico (SDM - *Self Diagnosis Method*), uma lista de verificação concisa com a qual os gestores portuários podem autoavaliar a gestão ambiental de seu porto em relação ao desempenho dos associados do EcoPorts.

Os principais resultados são que a qualidade do ar continua sendo a principal prioridade ambiental dos portos respondentes, seguida pelo consumo de energia e ruído. Em termos de gestão ambiental, o estudo confirma que os principais componentes são comumente implementados na maioria dos portos europeus. 94% dos portos pesquisados e associados ao ESPO têm um gerente ambiental designado, 92% possuem uma política ambiental e 82% implementam um programa de monitoramento ambiental. Os resíduos são apontados como o problema mais monitorado nos portos (80%), seguido pelo consumo de energia (73%) e qualidade da água (70%).

Schrobback e Meath (2020) desenvolveram, conceitualmente, uma estrutura de governança de sustentabilidade para entender a contribuição potencial de uma estratégia de sustentabilidade corporativa para a realização de objetivos corporativos mais amplos para os portos. O estudo avaliou empiricamente,

por meio de uma ampla pesquisa do setor, o nível atual de adoção de componentes da estratégia de sustentabilidade corporativa por portos na Austrália e na Nova Zelândia.

Castellano et al. (2020) avaliaram os sistemas de gestão ambiental dos portos, empregando uma estratégia em várias etapas, baseada em dados oficiais de 24 portos italianos no ano de 2016. Na primeira etapa, dois indicadores compostos originais foram propostos para avaliar i) a qualidade ambiental relacionada às emissões de gases de efeito estufa devido à atividade portuária (ou seja, a saída indesejável); e ii) os esforços das autoridades portuárias em buscar um caminho pró-ambiental. Na segunda etapa, a eficiência relativa do porto é avaliada por meio do método DEA (*Data Envelopment Analysis* - Método de Análise por Envoltória de Dados) com o objetivo principal de investigar a persistência da eficiência econômica quando ajustada por custos ambientais e compromissos pró-ambientais. Os resultados deste estudo sugerem que, para evitar julgamentos parciais, o uso de uma estrutura abrangente é fundamental na avaliação conjunta do desempenho ambiental e econômico dos portos.

Segundo Woodburn (2017) o uso do transporte ferroviário, quando se trata de definir um projeto de rede logística, é visto como o modal de transporte mais aderente a um sistema sustentável, limpo, de uso de energia renovável e que contribui com o meio ambiente. O transporte ferroviário, numa hinterlândia (região servida por um porto) de grande movimentação de cargas containerizada num porto, é primordial em um sistema intermodal (porto – ferrovia).

Hou e Geerlings (2016) estudaram os conflitos existentes entre os modais de transporte, a hinterlândia, e os portos, quando se analisa o fator sustentabilidade. Eles afirmam que governos, autoridades portuárias e outras partes interessadas estão geralmente conscientes de que são necessárias medidas políticas para encontrar um equilíbrio entre operações logísticas portuárias e sustentabilidade.

Os autores Aregalla, Bergqvist e Monios (2018) abordam o papel do porto na redução das externalidades negativas em sua hinterlândia. O estudo trata dessa lacuna ao revisar os vários portos, ao redor do mundo, para identificar quais implementaram medidas para melhorar o desempenho ambiental do transporte. As medidas mais comuns são melhorias de tecnologia, inovações em produtos e processos, desenvolvimento de infraestrutura e programas de monitoramento. Os portos mais avançados em estratégias de hinterlândia verde são Rotterdam (Holanda), Los Angeles (USA) e Hamburgo (Alemanha).

A Organização Marítima Internacional (IMO – *International Maritime Organization*) definiu diversas normas regulamentais, visando a redução das emissões no transporte marítimo. Estas normas regulamentais abrangem questões referentes a poluição marítima, como água de lastro, derramamento de óleo, emissões e espécies invasoras. A Área de Controle de Emissão de Enxofre (*Sulphur Emission Control Area* - *SECA*) tem como foco, a redução de emissões e atualmente já definiu um limite global de enxofre de 0,5%, nos combustíveis marítimo, a partir de 2020.

Os autores Ammar e Seddiek (2020) trataram do desenvolvimento dos navios porta-contêineres e seus impactos ambientais, especialmente nas emissões de CO₂. O foco foi estudar o efeito do uso de estratégias de redução de emissões a bordo dos navios, com ênfase na melhoria dos índices de eficiência energética dos navios, do ponto de vista ambiental e econômico, incluindo quando estão em operações de carregamento e descarregamento nos portos.

Kılıks (2015) desenvolveu um índice composto que consistiu num conjunto único de 7 dimensões e 35 indicadores principais. Este índice é denominado de desenvolvimento sustentável de energia, água e meio ambiente. Este índice auxilia as autoridades portuárias na gestão ambiental.

Laxe et al. (2017) propõem um índice sintético global que é formulado e projetado para medir a sustentabilidade portuária. O índice sintético compreende os quatro componentes ou dimensões (econômico, institucional, ambiental e social). As variáveis consideradas essenciais para a geração do índice sintético são definidas a partir das informações e dados contidos nos relatórios de sustentabilidade de um sistema portuário.

Hua et al. (2020) sugerem um sistema de indicador de porto verde feito sob medida para o porto de Zhuhai e, em seguida, usa o método de análise de desempenho de importância difusa para determinar o desempenho do porto de Zhuhai, em indicadores de porto verde, antes de propor uma governança estratégica. O estudo mostra que o porto de Zhuhai deve monitorar o consumo de energia e das emissões de poluentes, investir em inovação e tecnologias visando promover operações portuárias verde (*green*).

Sun et al. (2020) propõem um modelo de combinação linear, integrado com o modelo matemático difuso e o método de combinação linear para avaliar a intensidade de perturbação das atividades humanas em áreas portuárias e costeiras.

As autoras Acciario, Ghiara e Cusano, (2014) pesquisaram sobre a necessidade de ter energias renováveis nos portos, para contribuir com a inovação em sistemas sustentáveis e o uso de energia limpa. Alguns portos no mundo são caracterizados pelo uso destas energias limpas como exemplo, a geração eólica e o uso de ondas marítimas. Além disso, muitas vezes os portos utilizam instalações de painéis solares, embora essa infraestrutura não possa ser adotada para uma grande escala de geração de energia solar. O desenvolvimento de biocombustíveis representa uma oportunidade para muitos portos.

Ashrafi et al. (2019), por meio de uma pesquisa *online*, avaliaram o estado atual da sustentabilidade corporativa nos portos do Canadá e dos Estados Unidos. O estudo avaliou a percepção dos executivos portuários em relação à sustentabilidade, analisou as estratégias e práticas de sustentabilidade portuária e identificou os principais fatores, que influenciam a adoção e implementação da sustentabilidade corporativa nos portos. O estudo mostrou que a maioria dos portos, percebe a sustentabilidade como importante e adotou uma série de estratégias e práticas de sustentabilidade, como conscientização, programas de treinamento, relatórios de sustentabilidade e iniciativas e padrões de sustentabilidade. Os resultados também mostram que as estratégias de sustentabilidade resultaram em melhores relações com as partes interessadas nos portos (*players*), principalmente com governos/legisladores, clientes, comunidade local e associações industriais. Sadek e Elgohary (2020) discorrem em suas pesquisas sobre o uso de energias renováveis para os portos, visando operações logística sustentáveis. Como a maioria dos portos depende de energia elétrica, como fonte de energia, para realizar suas operações de rotina (carregamento e descarregamento de navios e operações de movimentação e armazenagem), os autores discutem a possibilidade de mudança do uso de energia elétrica para fontes de energias denominadas verdes. Os autores demonstram um caso, em que a célula a combustível, seguida de um sistema combinado de turbinas eólicas é a melhor escolha em relação ao custo unitário de produção de eletricidade. Também abordam que, o uso de células de combustível e turbinas eólicas *offshore*, como um conceito de energia verde, poderá atingir uma redução na quantidade de emissões de CO₂, NO_x e emissões de CO.

Segundo Yang et al. (2019) a escolha de tecnologia, inovação e fontes renováveis para operações sustentáveis em uma cadeia de abastecimento portuário, visando controlar as emissões no porto, quando os navios estão atracados, são essenciais para implantar um sistema de porto limpo (*green*), visando o uso de óleo combustível com baixo teor de enxofre.

Os autores, Rødseth, Schøyen e Wangness (2020) estudaram o aumento do volume de carga marítima, na Noruega, no transporte de contêineres, entre 2010 a 2015. Estas operações impulsionaram as atividades nos portos e estes portos estavam localizados próximos a populações das cidades. O trabalho definiu uma estrutura de análise para examinar as mudanças intertemporais nos volumes de carga e na poluição do ar nos portos, relacionadas com o manuseio de contêineres.

Os autores, Kuo e Lin (2020) examinaram as relações entre gestão enxuta, desempenho verde e operações verdes. Os resultados da pesquisa indicaram que o gerenciamento enxuto influenciou positivamente as operações verdes e o comportamento verde nas operações portuárias de movimentação de contêineres. Nesta era de proteção ambiental, o resultado dessa pesquisa tem implicações práticas para a expansão das organizações de terminais de contêineres, melhorando a eficácia operacional, com desempenho verde.

O quadro 1 apresenta de forma resumida, os principais conceitos relacionados com a sustentabilidade da gestão portuária, estudadas por diversos autores e apresenta as principais contribuições de cada um para o meio acadêmico e empresarial.

| Autor | Pontos Essenciais |
|-------------------------------------|---|
| Sislian, Jaegler e Cariou (2016) | Focaram no estudo de sustentabilidade portuária, como elemento primordial para a gestão do meio ambiente, com foco nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. |
| Puig et al. (2017) | Analisaram o desempenho ambiental do setor portuário, através de metodologia de Auto-diagnóstico (SDM - <i>Self Diagnosis Method</i>). |
| Schrobback e Meath (2020) | Desenvolveram uma estrutura de governança de sustentabilidade para os portos na Austrália e na Nova Zelândia. |
| Castellano et al. (2020) | Avaliaram os sistemas de gestão ambiental dos portos italianos no ano de 2016 (as emissões de gases de efeito estufa e os esforços das autoridades portuárias em busca de um caminho pró-ambiental). Utilizaram o método DEA (<i>Data Envelopment Analysis</i> - Método de Análise por Envoltória de Dados). |
| Woodburn (2017) | Estudou a integração do modal ferroviário com os portos, visando um sistema sustentável nas operações logísticas portuárias. |
| Hou e Geerlings (2016) | Estudaram os conflitos existentes entre os modais de transporte, a hinterlândia, e os portos, quando se analisa o fator sustentabilidade. |
| Aregalla, Bergqvist e Monios (2018) | Estudaram medidas para melhorar o desempenho ambiental do transporte nos portos de Rotterdam (Holanda), Los Angeles (USA) e Hamburgo (Alemanha). |
| Ammar e Seddiek (2020) | Trataram do desenvolvimento dos navios porta-contêineres e seus impactos ambientais, especialmente nas emissões de CO ₂ . |
| Kılıkıs (2015) | Desenvolveu um índice, que é denominado de desenvolvimento sustentável de energia, água e meio ambiente. Este índice auxilia as autoridades portuárias na gestão ambiental. |
| Laxe et al. (2017) | Desenvolveram um índice sintético global que é formulado e projetado para medir a sustentabilidade portuária. O índice sintético compreende os quatro componentes ou dimensões (econômico, institucional, ambiental e social). |
| Hua et al. (2020) | Desenvolveram um sistema de indicador de porto verde, para monitorar o consumo de energia e das emissões de poluentes, com foco em inovação e tecnologias visando promover operações portuárias verde (<i>green</i>). |
| Sun et al. (2020) | Desenvolveram um modelo de combinação linear para avaliar a intensidade de perturbação das atividades humanas em áreas portuárias e costeiras. |
| Acciaro, Ghiara e Cusano, (2014) | Estudaram o uso de energias renováveis nos portos, como a eólica, a de ondas marítimas, a de painéis solares e a de biocombustíveis, como forma de operações logísticas sustentáveis (<i>green operations</i>). |
| Ashrafi et al. (2019) | Avaliaram o estado atual da sustentabilidade corporativa nos portos do Canadá e dos Estados Unidos. O estudo analisou as estratégias e práticas de sustentabilidade portuária e identificou os principais fatores, que influenciam a adoção e implementação da sustentabilidade corporativa nos portos. |
| Sadek e Elgohary (2020) | Analisaram a possibilidade de mudança do uso de energia elétrica, para fontes de energias denominadas verdes, nas |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Yang et al. (2019) | operações portuárias, com foco na redução de emissões de CO ₂ , NO _x e emissões de CO. Analisaram o uso de fontes renováveis de energia, com foco em tecnologia e inovação nas operações portuárias, visando a emissão de baixo teor de enxofre. |
| Rødseth, Schøyen e Wangsness (2020) | Definiram uma estrutura de análise para examinar as mudanças intertemporais nos volumes de carga e na poluição do ar nos portos, relacionadas com o manuseio de contêineres. |
| Kuo e Lin (2020) | Examinaram as relações entre gestão enxuta, desempenho verde e operações verdes. O resultado desta pesquisa tem implicações práticas nos terminais de contêineres, melhorando a eficácia operacional, com desempenho verde (<i>green operations</i>). |

Quadro 1 – Resumo dos conceitos de sustentabilidade na gestão portuária (Elaborado pelo autor)

3. Metodologia da pesquisa.

A pesquisa exploratória permite conhecer possíveis detalhes do problema, a abrangência das possíveis variáveis relacionadas ao tópico em estudo, as hipóteses explicativas para os fatos e os fenômenos a serem analisados. Mesmo quando há conhecimento sobre o assunto em estudo, a pesquisa exploratória pode auxiliar nas explicações alternativas, para conhecer mais nuances sobre o objeto de estudo (BAIRAGI; MUNOT, 2019; MIGUEL, 2012).

O método da pesquisa exploratória pode envolver levantamento em fonte secundária, abrangendo o levantamento em fontes bibliográficas, levantamentos documentais, levantamentos de estatísticas e levantamento de pesquisas realizadas em campo ou não. O levantamento de experiências, podem ser realizadas através de entrevistas individuais ou em grupo, com especialistas ou conhecedores do tema. São aplicados para pessoas que estão inseridas dentro do ambiente em estudo (BAIRAGI; MUNOT, 2019; MIGUEL, 2012).

Na análise de dados secundários, é essencial a busca de literatura sobre o tema, isto é, levantamento de estudos realizados por terceiros sobre a área que será pesquisada (BAIRAGI; MUNOT, 2019; MIGUEL, 2012).

Neste trabalho foi adotado o método de pesquisa exploratória, visando proporcionar maior familiaridade com o problema, buscando levantar material bibliográfico sobre o tema e para isto, o sistema de *green port* europeu serviu como guia de inspiração para a pesquisa. Quanto aos procedimentos, as bases de dados científicas dos periódicos CAPES, que são a *Web of Science* e *Scopus* também foram guia de referência para levantamento de informações (BAIRAGI; MUNOT, 2019; MIGUEL, 2012). Na base de periódicos científicos pesquisados utilizou-se os seguintes termos: Por Sustainability, Environmental Performance Indicator, Port Management, Port Sustainable Development, Port Sustainability Assessment, Environmental Management System, Green Port Policies and Environmental Sustainability. Foram pesquisados artigos científicos do ano de 2010 a 2020. Foram selecionados os artigos científicos que tratassem especificamente de pesquisas relacionadas com as operações portuárias e seus impactos ao meio ambiente. A pesquisa exploratória permitiu conhecer em detalhes o problema a ser pesquisado referente a logística portuária sustentável. Por isto, a revisão da literatura foi um elemento primordial nesta pesquisa, para compreender em detalhes os principais elementos inerentes as operações portuárias consideradas sustentáveis.

A pesquisa em campo também foi utilizada neste trabalho, pois foram coletadas informações *in loco* de cinco portos da União Europeia e outras informações através de formulário *online*, assim como foram extraídas algumas informações diretamente dos portais (*sites*) dos terminais portuários, na Internet. A pesquisa em campo auxiliou na obtenção de informações para avaliar os 14 terminais portuários neste estudo e analisar suas operações logísticas. Estes portos europeus pesquisados fazem parte dos corredores verdes implantados na Europa, que tem como objetivo ter operações logísticas sustentáveis, em toda cadeia de transporte de cargas, entre origem e destino final dos produtos. São portos que movimentam uma grande quantidade de cargas anualmente e são considerados muito relevantes para o comércio europeu e mundial. São portos que movimentaram, entre 14 a 4,7 milhões

de TEU por ano (TEU é a unidade equivalente a 20 Pés, uma medida padrão para calcular o volume de um contêiner).

O questionário foi baseado no Método de Auto-Diagnóstico (SDM - *Self Diagnosis Method*) criado pelo EcoPorts. O EcoPorts é uma iniciativa da Organização dos Portos Marítimos Europeus (ESPO - *European Sea Ports Organisation*). O SDM consiste em obter informações atuais sobre gestão ambiental portuária, fundamentado em base sólida exigida pelo sistema de gerenciamento ambiental – EMS - *Environmental Management System* (DAVARZANI et al., 2016; ROH; THAI; WONG, 2016).

O quadro 2 apresenta os principais elementos a serem avaliados, através do Método de Auto-Diagnóstico, referente a gestão portuária sustentável.

| Principais indicadores de gestão ambiental portuária | Elementos importantes para avaliação |
|---|---|
| Qualidade do ar | <ul style="list-style-type: none"> - O terminal mensura ou estima sua pegada de Carbono? - Frequência de monitoramento na pegada de Carbono. - Percentagem que cada fonte de energia contribui na pegada de Carbono. - O terminal/porto diferencia taxas para navios considerados mais verdes? (Monóxido de carbono – CO, Óxido de nitrogênio – NO_x, Dióxido de enxofre – SO₂). |
| Consumo de energia | <ul style="list-style-type: none"> - Consumo total anual de energia. - Porcentagem da variação anual no consumo de energia. - Porcentagem de energia renovável por energia total consumida. - Consumo total anual de eletricidade. - O <i>Onshore Power Supply</i> (OPS) está disponível nos terminais? - Número anual de embarcações conectadas à eletricidade costeira. - Consumo total anual de combustível. - O abastecimento de gás natural liquefeito (GNL) está disponível no porto? |
| Poluição sonora | <ul style="list-style-type: none"> - Nível de ruído no terminal. - Nível máximo de ruído no terminal. - Frequência de medições de ruído. - Existência de um mapa de zoneamento de ruído. |
| Relacionamento com a comunidade local | <ul style="list-style-type: none"> - A autoridade portuária realizou Avaliação de Impacto Ambiental nos últimos 3 anos? - Há reclamações em órgãos ambientais, no último ano, referentes as operações portuárias do terminal? - A comunidade local participa das decisões ambientais do terminal, através de órgãos colegiados ou não? |
| Resíduo e lixo portuário | <ul style="list-style-type: none"> - Total anual de resíduos portuários coletados. |

| | |
|------------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Total anual de resíduos portuários reciclados. - Porcentagem de métodos de disposição de resíduos portuários. - Existência de contêineres separados para coleta de resíduos portuários. - |
| Resíduo e lixo dos navios | <ul style="list-style-type: none"> - Existência de instalações de recepção de resíduos de navios. - Quantidade anual de resíduos de navios coletados por tipo (MARPOL). - Quantidade de lixo reciclável portuário coletado por tipo. - Quantidade de lixo reciclável portuário reciclado por tipo. - Quantidade de resíduos perigosos do porto coletados por tipo. - Quantidade de resíduos perigosos do porto reciclados por tipo. |
| Tratamento do solo portuário | <ul style="list-style-type: none"> - Teor de óleo (hidrocarbonetos) no solo. - Compostos orgânicos voláteis (VOCs) no solo. - Quantidade de metais pesados no solo. - Taxa de derramamentos de poeira ou materiais químicos espalhados durante o transporte ou no armazenamento de cargas. - Taxa de vazamentos de combustível de veículos e equipamentos em terra/solo. - Taxa de descarte de material dragado em terra que pode causar vazamentos de substâncias nocivas para o solo. |
| Qualidade da água | <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura da água. - Cor da água. - Descargas de hidrocarbonetos na água. - Teor de óleo na água. |
| Poluição no ar (poeira) | Compostos orgânicos voláteis (VOCs). Material particulado (PM10, PM2,5). |
| Operações de dragagem | <ul style="list-style-type: none"> - Quantidade ou volume anual de sedimento dragado. - Frequência de dragagem. - Porcentagem de sedimento dragado indo para uso benéfico. - Existência de instalações para tratamento e limpeza dos sedimentos dragados. - Porcentagem de sedimentos de dragagem poluídos. |

Quadro 2 – Elementos essenciais do Método do Auto-Diagnóstico (Puig et al., 2017.)

O questionário *online*, foi enviado para 18 terminais portuários e 14 deles responderam. As respostas foram dadas pelos gerentes das áreas operacionais e os responsáveis pelo setor de gestão ambiental dos terminais. A pesquisa ocorreu entre os anos de 2015 a 2019. Além disto, os cinco portos pesquisados foram visitados, *in loco*, para levantamento de dados e durante esta viagem técnica, cinco terminais, dos 14 acima, foram visitados pessoalmente. A maior parte do tempo da visita técnica, foi utilizada para levantar informações das Autoridades Portuárias locais.

4. Experiências internacionais de gestão portuária sustentáveis.

4.1. Experiências Internacionais.

O porto de Bremerhaven, na Alemanha, é um exemplo de porto com foco nas operações logísticas sustentáveis, assim como os portos na cidade de Bremen. A Alemanha, de forma geral, possui portos modelos nas operações logísticas sustentáveis, como foco no uso de energias renováveis e harmonia entre as operações portuárias e a comunidade local. O controle da poluição sonora, do ar e da água, além do uso de tecnologia e inovações nas operações, para atender aos pré-requisitos necessários para um porto sustentável, são elementos primordiais nestes terminais portuários da Alemanha (ROH; THAI; WONG, 2016; MOURA; BOTTER, 2019).

Os portos de Bremen e Bremerhaven estão adaptados para oferecerem o combustível limpo, o LNG (gás natural liquefeito) para as embarcações que atracam em seus portos. Isto é essencial para as operações logísticas sustentáveis, pois deixa-se de utilizar o combustível fóssil, que emite muitos gases poluentes no ar. Além disto, os portos também oferecem energia elétrica para os motores principais das embarcações, quando os navios estão atracados nos terminais portuários, evitando assim, o consumo de combustível fóssil, o *bunker* (diesel). Esta operação é denominada de *Onshore Power Supply* (OPS), fonte de energia terrestre elétrica (SCIBERRAS; ZAHAWI; ATKINSON, 2017).

O uso de gás natural liquefeito (LNG) nas operações portuárias contribui para a redução dos gases de efeito estufa, quando comparado ao uso do diesel (*bunker*) utilizado pelos motores tradicionais dos navios. O LNG é o combustível fóssil mais limpo e possui potencial para redução da emissão dos seguintes gases: NO_x – 92%; CO₂ – 23%; SO₂ – 100% e material particulado atmosférico – 100% (SCIBERRAS; ZAHAWI; ATKINSON, 2017).

Os portos em particular, estão relacionados dentro de um ambiente econômico, ecológico e social. A operação de um porto implica fluxos significativos de materiais e valores, emissões diversas, a necessidade de grandes áreas de terra e água e altas taxas de consumo de recursos. O Bremenports (Alemanha) está ciente desse fato e, por esse motivo, incorpora o princípio da sustentabilidade em todos os seus processos corporativos (WALKER, 2016). O objetivo é deixar para as futuras gerações, um ambiente viável que vale a pena viver e, portanto, manter o porto e também operá-lo de acordo com esses valores e objetivos sustentáveis. Bremerhaven, como outros portos alemães, está se preparando para a introdução de LNG (gás natural liquefeito) como combustível marinho. Enquanto os fornecedores de combustíveis estão planejando instalações de abastecimento de LNG locais, os bremenports preparam o caminho para a construção e uso de navios que operam com LNG em sua própria frota. Para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, os bremenports compram eletricidade para os prédios de escritórios e para os ativos especiais, que são gerados principalmente por fontes de energia renováveis. Como resultado, as emissões foram reduzidas. O plano ampliará gradualmente o uso da eletricidade de fontes de energia renováveis. Como resultado das iniciativas de gerenciamento de frotas de veículos empreendidas em relação à energia, as emissões de CO₂ foram reduzidas em mais 35 toneladas e mais 17 toneladas, graças à eletricidade solar, gerada pelas instalações fotovoltaicas. Portanto, os portos na região de bremenports implantaram instalações com o uso de energia solar, gerenciamento da frota de veículos elétricos, o uso de energia elétrica e com isto reduziram drasticamente a emissão de CO₂ no ar.

A organização dos portos Bálticos iniciou o desenvolvimento de infraestrutura para que o LNG seja combustível para os navios, em alguns portos dentro da região do Mar Báltico, apoiado pelas principais organizações industriais como armadores, organização nacional dos portos e da ESPO (*European Sea Ports Organisation*). Os portos que participaram dos estudos de operações sustentáveis na Europa foram: Helsingborg, localizado no sul da Suécia e situado no condado da Escânia (Skåne), e especializado no transporte de contêineres. Trelleborg, também localizado no sul da Suécia, e especializado no transporte Ro-Ro (*Roll on – Roll off* - é um tipo de navio para o transporte de

automóveis e outros veículos, de modo a que estes entrem e saiam do navio pelos seus próprios meios). Sundsvall, localizado norte da Suécia e especializado no transporte de papel, celulose e madeira serrada. Rostock, na Alemanha, um porto com seus terminais de carga combinado para os produtos florestais e Ro-Ro de carga.

O uso de energia solar, energia eólica e o uso de tecnologia de motor aprimorada com mudança para unidades diesel-elétricas, são operações que contribuem para as operações logísticas portuárias sustentáveis. Veículos guiados automáticos (AGV) com bateria é uma tecnologia que contribui para as operações limpas nos portos sustentáveis (SCIBERRAS; ZAHAWI; ATKINSON, 2017; TANG et al., 2017; YU et al., 2017). O porto de Trelleborg, no sul da Suécia, está operando com *reach stackers* (empilhadeiras utilizadas nos terminais portuários) e *terminal tractors* (cavalos mecânicos utilizados nas operações de movimentação nos portos), movidos a bateria, eliminando assim as emissões de gases poluentes no ar, reduzir o barulho e a poluição sonora, (MOURA; BOTTER, 2019).

O porto de Trelleborg investiu no sistema de transporte inteligente, integrando a tecnologia da informação para melhorar os processos operacionais e com isto, eliminar tarefas que não agregam valor as operações logísticas portuárias. O porto integrou o sistema de tecnologia da informação com o sistema de operações dos terminais (TOS – *Terminal Operating System*), com o sistema de gerenciamento de armazéns/estocagem (WMS - *Warehouse Management System*) e com o sistema de gerenciamento dos navios (atracação), integrando um sistema planejamento de recursos empresariais (ERP - *Enterprise Resource Planning*). Os *terminal tractors* (cavalos mecânicos usados nos portos para realizar as operações de transporte), no porto de Trelleborg, na Suécia, estão equipados com catalizadores *Ad Blue* e filtro de partículas, que reduz as emissões de Material Particulado (MP) em quase 100%.

A eletrificação de RTG (*Rubber Tyre Gantry* – Guindaste sobre pneus - Transtêineres) no porto de Koper, na Eslovênia, foi um processo que ajudou imensamente a redução do uso do diesel e com isto eliminou a emissão de gases poluentes na atmosfera. Com isto, também se reduziu a emissão da poluição sonora nas operações portuárias (TANG et al., 2017). O terminal de Maasvlakte II, em Roterdã, na Holanda, é operado com portêineres por meio de controle remoto, com uso de energia renovável, guindastes automatizados de pátio sobre trilhos (RMGs), guindastes para atendimentos dos ramais ferroviários na linha de cais do terminal, veículos guiados automatizados (AGV), todos movidos a bateria, energia sustentável (TANG et al., 2017).

Equipamentos eletrificados de sistemas automatizados de armazenamento de contêineres, que são os OHBC (*Overhead Bridge Crane*) são encontrados no PSA's Pasir Payang Terminal (Cingapura) e no Antwerp's Churchilldock (um terminal multimodal, no porto de Antuérpia, na Bélgica).

A eletrificação de equipamentos é um item importante para um porto sustentável, diversos terminais eletrificaram seus RTG, os quais passaram a ser chamados de E-RTG, como o *Modern Terminal Limited* (Hong Kong) e Lázaro Cardenas Terminal (México). Estes terminais colaboram com o meio ambiente, com a redução da emissão de gás de efeito estufa.

O uso de energia elétrica proveniente do porto (continente), denominado *Onshore Power Supply* (OPS) reduz os efeitos negativos no meio ambiente, como os ruídos (poluição sonora) e poluição do ar, pois permitem que os motores auxiliares dos navios fiquem desligados. A implementação do OPS permite uma oportunidade, não apenas de melhorar a poluição sonora, mas também reduzir a emissão de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais agentes que contribui para o aquecimento global. Alguns portos europeus já estão funcionando com este tipo de equipamento, quando o navio é atracado. No Mar Báltico alguns portos já estão preparados para ofertar o sistema OPS para as embarcações, principalmente para o transporte hidroviário, navios, frotas auxiliares, rebocadores, barcos, barcaças, navios quebra-gelo. Geralmente são pontos de eletricidade de baixa voltagem, com subestações gerando de 20-100 KV, com pontos de conexão de 6-20 KV e as embarcações com transformador de 6-20 KV, de 400V (SCIBERRAS; ZAHAWI; ATKINSON, 2017; YANG, 2017; YU et al., 2017).

4.2. Análise do questionário aplicado nos 14 terminais portuários.

Como descrito na metodologia deste trabalho, foram 14 terminais pesquisados, localizados no exterior, que participaram deste trabalho. A figura 1 mostra que este tipo de equipamento (STS), em sua maioria, utiliza energia renovável, predominando o uso da energia elétrica, que muitas vezes é gerada, através de energia eólica ou solar, para abastecer os portos e seus equipamentos. Dos 14 terminais avaliados, 3 utilizam combustíveis renováveis, 1 utiliza o diesel e 10 utilizam motores elétricos nos STS.

Alguns portos que possuem torres para geração de energia eólica, acabaram cedendo o excedente de energia geradas por suas torres, para as cidades onde eles estão localizados, como aconteceu com o porto de Trelleborg, no sul da Suécia.

O uso de energia renovável nas operações de um porto, contribuiu para reduzir ou eliminar a emissão de gases poluentes, materiais particulados etc. no ar e melhora o indicador de gestão ambiental, relacionado com inovações e tecnologias, aplicadas nas operações, visando operações logísticas portuária sustentáveis.

A figura 1 mostra a característica do equipamento portuário denominado STS (*Ship-to-Shore Container Crane* - Guindaste de contêiner de navio para terra e vice-versa) utilizado nos terminais no exterior, para carregamento e descarregamento dos navios porta contêineres, em portos que estão dentro da concepção de portos com operações logísticas sustentáveis (*green*).

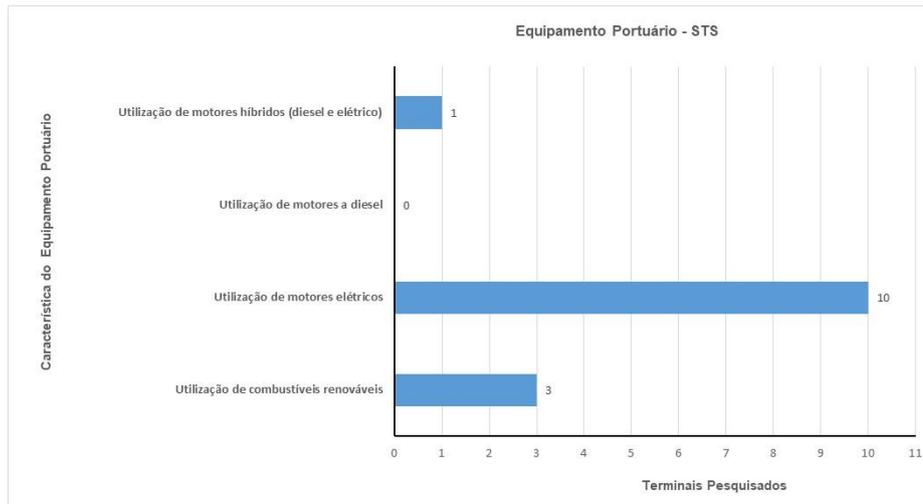


Figura 1 - Guindaste para carregar e descarregar navios porta contêineres (STS)
(Elaborado pelo autor)

A figura 2 apresenta a característica do equipamento portuário denominado RTG (*Ruber Tyre Gantry Crane* - Guindaste de Pórtico sobre Pneus) utilizado para o armazenamento e movimentação de contêineres nos pátios portuários. Dos 14 terminais pesquisados, a figura 2 mostra que, todos utilizam o RTG com motores elétricos.

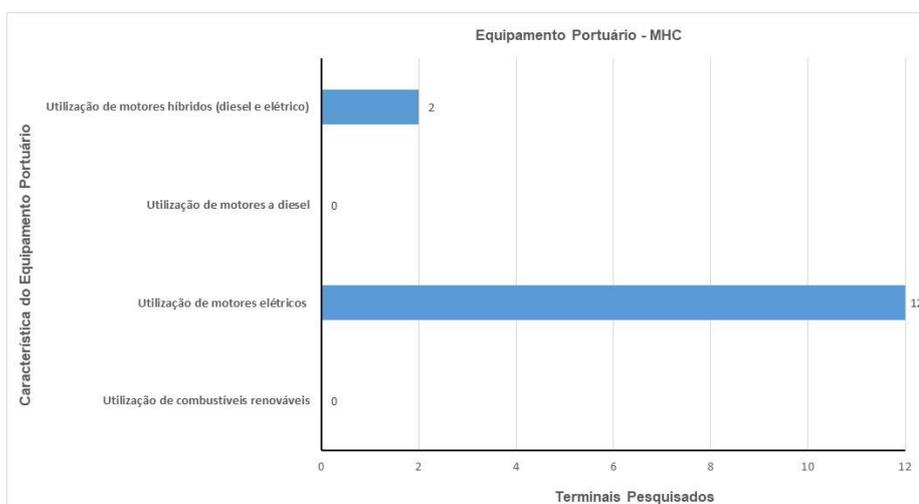


Figura 2 - Guindaste de Pórtico sobre Pneu (RTG)
(Elaborado pelo autor)

A figura 3 apresenta a característica do equipamento portuário denominado MHC (*Mobile Harbour Crane* - Guindaste Portuário Móvel) utilizado para a movimentação de contêineres na área de cais e também pode ser utilizado para manuseio de carga de projetos. Dos 14 terminais pesquisados, 12 deles utilizam o equipamento com motor elétrico e 2 com sistema híbrido (diesel e elétrico).

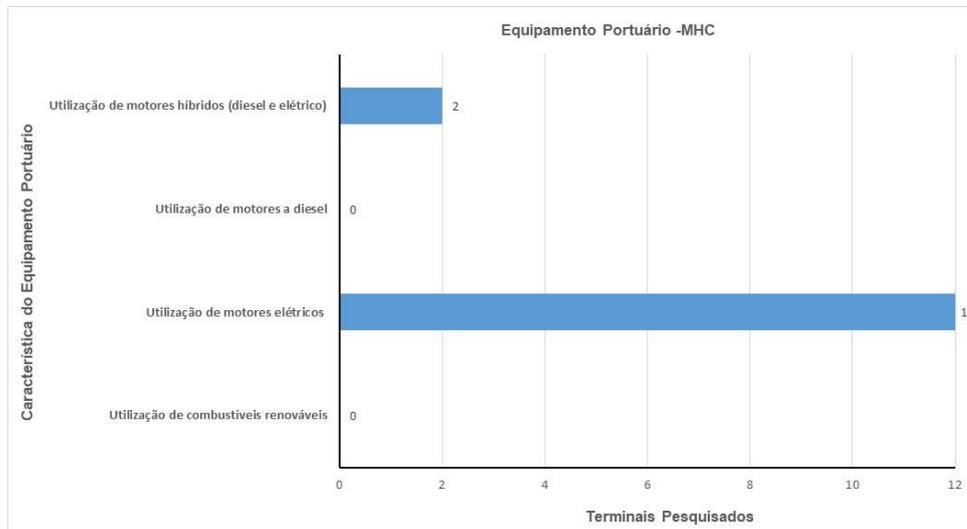


Figura 3 - Guindaste Portuário Móvel (MHC)
(Elaborado pelo autor)

A figura 4 apresenta a característica do equipamento portuário denominado *Reach Stacker* (empilhadeira de contêiner). A maioria, 8, dos terminais pesquisados utilizam motores elétricos e 6 utilizam combustíveis renováveis.

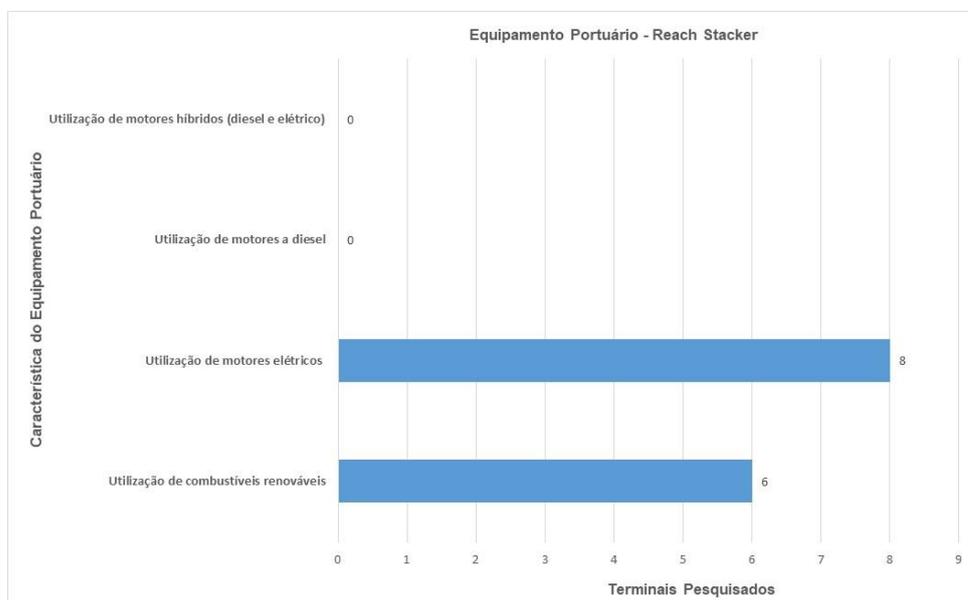


Figura 4 - *Reach Stacker*
(Elaborado pelo autor)

O quadro 3 apresenta, itens importantes para avaliar as operações portuárias sustentáveis e consequentemente definir indicadores, visando aplicar o ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Action*), com o intuito de melhorias contínuas e a busca de uma certificação ambiental.

| Item | 14 terminais pesquisados relatam |
|--|--|
| Avaliação da existência de protocolos ambientais | 100% fazem a avaliação |
| Consumo de energia no terminal | 100% possuem avaliação de |
| Degradação do ambiente | 100% possuem mecanismo de |
| Derramamento de cargas na água (mar) | 100% monitoram os terminais |
| Derramamento de cargas no cais | 100% monitoram os terminais |
| Emissão dos equipamentos de transporte dos | 100% monitoram os equipamentos |
| Forma de mensurar índices ambientais dos navios | 100% possuem mecanismo controle |
| Frequência de avaliação dos indicadores ambientais | 100% avaliam mensalmente |
| Geração de resíduo líquido | 100% possuem mecanismo controle |
| Geração de resíduo sólido | 100% possuem mecanismo controle |
| Gerenciamento do tráfego marítimo | 100% possuem mecanismo controle |
| Gerenciamento do tráfego terrestre | 100% possuem mecanismo controle |
| Monitoramento ambiental | 100% possuem mecanismo controle |
| Nível de automação das operações | 78,57% possuem 100% de automação e 21,43% possuem 80% de automação |
| Nível de poeira no terminal | 100% possuem mecanismo de |
| Número médio de acidentes com navios nos terminais | Em média, este valor ficou abaixo de 0,1% para todos os terminais. |
| Obtenção de ISO 14001 | 85,71% possuem esta certificação |
| Odores | 100% fazem controle deste item |
| Poluição sonora | 100% fazem controle deste item |
| Qualidade da água | 100% fazem controle deste item |
| Qualidade do ar | 100% fazem controle deste item |
| Risco de acidente com tráfego aquático | 100% fazem controle deste item |
| Risco de derramamento de óleo | 100% fazem controle deste item |
| Risco de acidentes com tráfego terrestre | 100% fazem controle deste item |
| Sistema de abastecimento de combustível nos navios | 100% fazem controle deste item |
| Sistema de dragagem | Realizado pelas Autoridades |
| Sistema de purificação (óxido de enxofre e materiais particulados) | 100% fazem controle deste item |
| Sistema de redução catalítica (óxido de nitrogênio) | 100% fazem controle deste item |
| Sistema de tratamento do resíduo líquido | 100% fazem controle deste item |
| Sistema de tratamento do resíduo sólido | 100% fazem controle deste item |
| Sistemas de Cargas perigosas | 100% fazem controle deste item |
| Tempo médio de espera dos veículos nos terminais (caminhões) | Em média, este tempo é inferior a 8 minutos |
| Tratamento de água de lastro | Realizado pelas Autoridades |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Tratamento de efluentes | Realizado pelas Autoridades |
| Tratamento de emissões | 100% possuem equipamentos para tratamento |
| Tratamento dos resíduos de dragagem | Realizado pelas Autoridades |
| Uso de energias renováveis | 42,85% utilizam |
| Uso do LNG (Gás Natural) | 50% utilizam |

Quadro 3 – Fatores de Sustentabilidade Portuária (Adaptado de PUIG et al., 2017)

A pesquisa referente ao *Terminal Tractor* (veículo para movimentação de cargas nos terminais) mostrou que dos 14 terminais pesquisados, todos utilizam este veículo movido a bateria (energia renovável). Dos 14 terminais da pesquisa, 6 utilizam o AGV (*Automated Guide Vehicle* – veículo guiado automaticamente). Estes AGVs também são movidos a bateria.

Os terminais pesquisados, de forma geral, fazem uso das tecnologias caracterizadas pela Indústria 4.0 em suas operações portuárias, são elas: Automação Industrial, Simulação, Sistemas Integrados, Internet das Coisas, Segurança Cibernética, Nuvens, Realidade Aumentada e Big Data Análise.

O uso de tecnologias da Indústria 4.0 nos terminais pesquisados colaboram para minimizar a emissão de gases poluentes na atmosfera. As informações em tempo real, também permitem que os terminais portuários consigam avaliar constantemente seus indicadores de desempenho ambientais e tomar as decisões necessárias para manter os processos operacionais dentro das metas, definidas pelos programas de gerenciamento ambiental de cada porto.

As informações integradas pertinentes ao tráfego de navios nos portos, via sistema compartilhado entre os atores da gestão portuária (ERP), colaboram para que os terminais portuários, possam se planejar logisticamente, com o uso de recursos e equipamentos, para atender os navios, dentro da janela de tempo e otimizar as operações, evitando assim, o desperdício de recursos e tempo. Este fator é muito importante na gestão ambiental portuária, pois um navio atracado, utiliza-se de seus motores auxiliares, que consomem energia não renovável, o diesel, que é um combustível nocivo para o meio ambiente. Se o terminal portuário estiver adaptado para oferecer o sistema OPS (Onshore Power Supply – energia renovável do continente para abastecer os navios), a embarcação não utilizará o combustível fóssil, diesel, durante sua atracação, e sim a energia renovável oriunda do porto e com isto minimizará a emissão de gases de efeito estufa. Para isto, os portos e os navios, devem estar adaptados para fornecer e receber respectivamente este sistema (OPS). Alguns portos europeus já estão utilizando este processo (OPS), no momento de atracação dos navios, inclusive alguns terminais que fazem parte desta pesquisa já implantaram, com sucesso, este sistema, e geram energia renovável para alimentar o porto. A energia é oriunda de sistema eólico, solar ou de energia de ondas do mar.

A pesquisa também relevou que alguns portos já ofertam o LNG (gás natural) para abastecimento dos navios e este fator é importante para a gestão ambiental, visto que este combustível, elimina a emissão de alguns gases poluentes na atmosfera, assim como reduz drasticamente a redução de outros.

Há uma forte conscientização dos atores envolvidos no processo (entidades governamentais, empresas públicas e privadas, comunidade acadêmica, centros de pesquisas, empresas de navegação, empresas de navieças, operadores logísticos, empresas de equipamentos portuários, etc.) que visam o mesmo objetivo, tornar as operações logísticas portuárias sustentáveis e com isto desenvolvem inovações e tecnologias, para que sejam aplicadas e torne o meio ambiente melhor.

5. Discussão.

Um dos problemas relacionado com a poluição marítima é a emissão de enxofre de combustíveis marinhos (PUIG et al., 2017). O enxofre está, por natureza, presente em combustíveis líquidos e sólidos, como o petróleo e o carvão. Consequentemente, a maioria dos combustíveis marinhos contém enxofre. A combustão desses combustíveis cria óxidos de enxofre (SO_x) e partículas, incluindo partículas

primárias de fuligem e partículas secundárias de sulfato inorgânico formadas como resultado da oxidação atmosférica do dióxido de enxofre. Durante o processo de combustão também são formados óxidos de nitrogênio (NO_x).

As emissões de dióxido de enxofre e de partículas podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Além disso, a emissão de óxidos de nitrogênio contribui para a formação de ozônio no solo, que também pode ser prejudicial para a saúde humana e a vegetação (SISLIAN; JAEGLER; CARIOU, 2016).

Estas emissões podem ser reduzidas impondo limites ao teor de enxofre dos combustíveis. A IMO 2020 (*International Maritime Organization* – Organização Marítima Internacional), está com uma nova regulamentação determinando um limite de 0,5% em emissões de enxofre para as embarcações. O limite anterior era de 3,5%. A IMO 2020 sugere o uso de óleo combustível com teor reduzido, uso de gás como combustível, uso do metanol e a possível instalação de sistema de limpeza de gases de escape ou catalisadores, com a função de limpar a emissão de gases poluentes. Estas propostas estão no Anexo VI, da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição dos Navios (Convenção MARPOL). Este documento traz regulamentações bem rigorosas em decorrência aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Tudo por conta das emissões de gases (incluindo os óxidos de enxofre e nitrosos) das embarcações mercantes (KILKIS, 2015).

Isto implica que os armadores (empresas de navegação marítima) estão com um desafio enorme para se adequarem a nova regulamentação e estão investindo em diferentes tecnologias operacionais. Com isto, os navios mais antigos terão que se readequar, com investimentos em catalisadores. Isto, implica ficar um tempo em doca, para manutenção, visando operarem conforme a nova legislação.

Como um incentivo, alguns portos oferecem tarifas reduzidas aos armadores que verificam a operação contínua de navios com baixo teor de enxofre, denominado taxa diferenciada de porto. O desconto exato depende da medida em que o teor de enxofre cai abaixo desses limites. Por exemplo, quase 30 portos da Suécia diferenciam suas taxas pelo teor de enxofre do combustível usado pelos navios (SCIBERRAS; ZAHAWI; ATKINSON, 2017).

As organizações portuárias promoveram continuamente a adoção de medidas para reduzir as emissões atmosféricas nos portos. Por exemplo, a Associação Internacional de Portos e Terminais (IAPH) adotou um programa de ar limpo e desenvolveu ferramentas para analisar e combater a qualidade do ar nas áreas portuárias (CASTELLANO et al., 2020).

Existem vários desenvolvimentos técnicos que podem ser aplicados aos equipamentos portuários para reduzir as emissões atmosféricas. Os filtros de partículas podem ser aplicados a caminhões e tratores a diesel, as gruas a diesel podem ser substituídas por guindastes elétricos, ou sistemas híbridos (diesel/energia da bateria) podem ser usados para reduzir as emissões.

Os navios costumam usar seus motores auxiliares enquanto estão atracados num porto para aquecimento, iluminação, etc. O uso desses motores auxiliares cria emissões de gases para a atmosfera. A eletricidade proveniente do continente (também conhecida como fonte de energia *on-shore*) permite que os navios se conectem à rede elétrica do porto, reduzindo não apenas as emissões de NO_x, SO₂ e emissões de material particulado, mas também o nível de ruído produzido pelos motores dos navios. Dois fatores decisivos devem ser considerados na determinação da adequação da fonte de alimentação *on-shore* em um porto: o tempo gasto na atracação e a quantidade de energia que eles precisam. A principal preocupação relacionada ao uso desta tecnologia é a falta de um padrão internacional para os sistemas de *plug-in* (tomadas), uma vez que o sistema elétrico varia entre os países em termos de tensão e frequência (ACCIARO; GHIARA; CUSANO, 2014).

Medidas para lidar com a poluição sonora devem ser tomadas pelas autoridades portuárias. A adoção de equipamentos de baixo ruído, a instalação de cercas de isolamento acústico, a mudança para veículos e máquinas com uso de energia elétrica podem contribuir para reduzir consideravelmente o ruído produzido e as emissões de gases poluentes. Reduzir os limites de velocidade para os navios ou permitir que a eletricidade gerada no continente (*Onshore Power Supply*) substitua a energia utilizada dos motores auxiliares dos navios, são medidas que colaboram (ASHRAFI et al., 2019; SADEK; ELGOHARY, 2020).

O projeto de pesquisa de gerenciamento de ruído em portos europeus (NoMEPorts - *Noise Management in European Ports*) contribuiu para a definição de uma abordagem comum harmonizada de gerenciamento de ruído na área portuária.

O agendamento de caminhões nos portos, também é uma medida importante para tentar minimizar a emissão de gases poluentes, resíduos e ruídos (barulho) num porto e seu entorno.

A figura 1 aborda quais são os elementos essenciais para um porto promover operações logísticas sustentáveis. Isto implica, em avaliar a situação atual do porto, definir metas, dentro de um plano de gestão ambiental sustentável, envolver os atores diretos e indiretos que se relacionam com o porto, seus *stakeholders*, fazer parcerias com centros de pesquisa, universidades, centros tecnológicos, empresa privadas, empresas públicas, governos municipais, estaduais e federais e definir políticas públicas com o intuito de desenvolver atividades limpas (*green*) nas operações logísticas portuárias. Assim, o entorno se tornará um local agradável para a população local, para a cidade e contribuirá para um mundo sustentável industrialmente.

Portanto, este trabalho buscou responder à questão inicial desta pesquisa: Quais são os elementos essenciais para um porto promover operações logísticas sustentáveis? A resposta para isto, está representada, de forma geral, na figura 5. Deve existir um objetivo comum, para todos os atores que desejam implantar operações logísticas portuárias sustentáveis e com isto buscar definir o papel de cada um neste projeto, afim de atingir as metas necessárias.

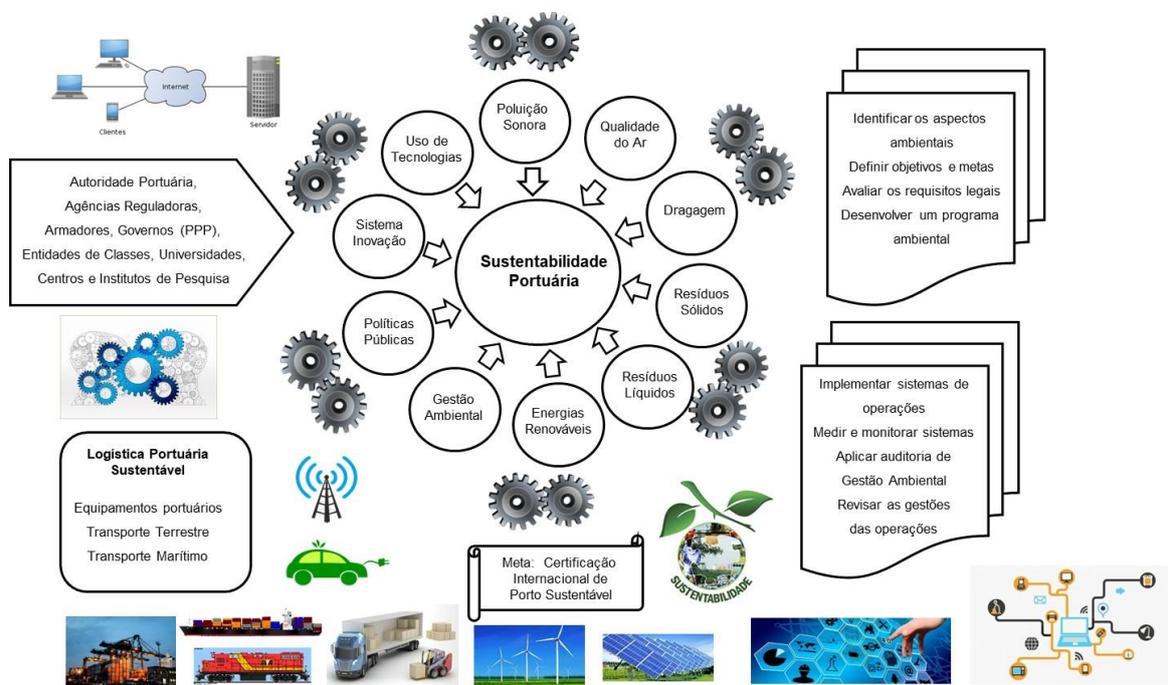


Figura 5 - Elementos essenciais para um porto promover operações logísticas sustentáveis (Elaborado pelo autor)

6. Conclusão.

O Método de Auto-Diagnóstico (SDM - *Self Diagnosis Methodology*) pode ajudar os gestores de portos a realizarem uma revisão periódica do desempenho do seu programa de gestão ambiental. A conclusão do SDM fornece uma visão geral concisa da situação atual e centra esforços de gestão nas áreas-chave que exigem atenção em preparação para PERS (*Port Environmental Review System* - Sistema de Revisão Ambiental do Porto).

Com base na experiência PERS, a autoridade portuária pode ser encorajada a considerar a aplicação da ISO 14001 em áreas portuárias selecionadas. O processo PERS é considerado um passo intermediário positivo na implementação de um sistema integrado de gestão ambiental.

As autoridades portuárias, principalmente nos países pertinentes a União Europeia e dos Estados Unidos e Canadá, se familiarizaram com os componentes dos Sistemas de Gestão Ambiental (EMS - *Environmental Management Systems*) e o setor adotou as metodologias bem estabelecidas para o

gerenciamento ambiental portuário, como a metodologia de Auto-diagnóstico (SDM) ou o Sistema de Revisão Ambiental do Porto, PERS.

Um sistema de gerenciamento ambiental é um conjunto de processos e procedimentos de gerenciamento que permitem a uma organização analisar, controlar e reduzir o impacto ambiental de suas atividades, produtos e serviços e operar com maior eficiência e controle.

Os principais poluentes originados nas áreas portuárias são: poeira, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NOx), materiais particulados (PM), hidrocarbonetos (HC), compostos orgânicos voláteis (VOCs) e vapores químicos. O odor também está incluído nesta seção, uma vez que é definido como qualquer tipo de liberação no ar que produz o cheiro desagradável.

Cada porto deve determinar os seus aspectos ambientais significativos, a fim de concentrar o seu tempo e os seus esforços nas questões com grandes potenciais de impacto ambiental, proporcionando a maior garantia de que o ambiente será protegido e também incentivando o uso eficiente e econômico dos recursos, promovendo uma forma harmônica de se relacionar com seu entorno (cidades).

Referências.

- ACCIARO, M.; GHIARA, H.; CUSANO, M. I. Energy management in seaports: A new role for port authorities. **Energy Policy** 71, 4–12, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.013>.
- AMMAR, N. R.; SEDDIEK, I. D. An environmental and economic analysis of emission reduction strategies for container ships with emphasis on the improved energy efficiency indexes. **Environmental Science and Pollution Research** 27, p. 23342–23355, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08861-7>.
- AREGALLA, M. G.; BERGQVIST, R.; MONIOS, J. A global review of the hinterland dimension of green port strategies. **Transportation Research Part D** 59, p. 23-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.013>.
- ASHRAFI, M.; ACCIARO, M.; WALKER, T. R.; MAGNAN, G. M.; ADAMS, M. Corporate sustainability in Canadian and US maritime ports. **Journal of Cleaner Production** 220, p. 386-397, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.098>.
- BAIRAGI, V.; MUNOT, M. V. Research Methodology – A Practical and Scientific Approach. **CRC Taylor & Francis Group**, New York, NY, 2019.
- CASTELLANO, R.; FERRETTI, M.; MUSELLA, G.; RISITANO, M. Evaluating the economic and environmental efficiency of ports: Evidence from Italy. **Journal of Cleaner Production** 271, 122560, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122560>.
- DAVARZANI, H.; FAHIMNIA, B.; BELL, M.; SARKIS, J. Greening ports and maritime logistics: A review. **Transportation Research Part D** 48, p. 473-487, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.007>.
- HOU, L.; GEERLINGS, H. Dynamics in sustainable port and hinterland operations: A conceptual framework and simulation of sustainability measures and their effectiveness, based on an application to the Port of Shanghai. **Journal of Cleaner Production** 135, p. 449-456, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.134>.
- HUA, C.; J CHEN, J.; WAN, Z.; XU, L.; BAI, Y.; ZHENG, T.; FEI, Y. Evaluation and governance of green development practice of port: A sea port case of China. **Journal of Cleaner Production** 249, 119434, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119434>.
- KILKIS, S. Composite index for benchmarking local energy systems of Mediterranean port cities. **Energy** 92, p. 622-638, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.06.093>.
- KUO, S-Y; LIN, P-C. Determinants of green performance in container terminal operations: A lean management. **Journal of Cleaner Production** 275, 123105, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123105>.
- LAXE, F. G.; BERMÚDEZ, F. M.; PALMERO, F. M.; CORTI, I. N. Assessment of port sustainability through synthetic indexes. Application to the Spanish case. **Marine Pollution Bulletin** 119, p. 220-225, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.064>.
- MIGUEL, P. A. C. (Coordenador) et. al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. **Elsevier Editora**, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

MOURA, D. A.; BOTTER, R. C. Essential factors for the implementation of sustainable port logistics operations. **Pan American Congress of Naval Engineering, Maritime Transport and Port Engineering - COPINAVAL**, Cartagena, Colômbia, 2019.

PUIG, M.; MICHAÏL, A.; WOOLDRIDGE, C.; DARBRA, R. M. Benchmark dynamics in the environmental performance of ports. **Marine Pollution Bulletin** 121, p. 111-119, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.021>.

RØDSETH, K. L.; SCHØYEN, H.; WANGSNESS, P. B. Decomposing growth in Norwegian seaport container throughput and associated air pollution. **Transportation Research Part D** 85, 102391, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102391>.

ROH, S., THAI, V. V., WONG, Y. D. Towards sustainable Asean port development: challenges and opportunities for Vietnamese ports. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, 32 (2), p. 107-118, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.05.004>.

SADEK, I.; ELGOHARY, M. Assessment of renewable energy supply for green ports with a case study. **Environmental Science and Pollution Research** 27, p. 5547–5558, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07150-2>.

SCHROBBACK, P.; MEATH, C. Corporate sustainability governance: Insight from the Australian and New Zealand port industry. **Journal of Cleaner Production** 255, 120280, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120280>.

SCIBERRAS, E. A., ZAHAWI, B., ATKINSON, D. J. Reducing shipboard emissions – assessment of the role of electrical technologies. **Transportation Research Part D**, 51, p. 227–239, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.026>.

SISLIAN, L.; JAEGLER, A.; CARIOU, P. A literature review on port sustainability and ocean's carrier network problem. **Research in Transportation Business & Management** 19, p. 19–26, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.03.005>.

SUN, X.; ZHANG, L.; LU, S-Y; TAN, X-Y; CHEN, K-L; ZHAO, S-Q; HUANG; R-H. A new model for evaluating sustainable utilization of coastline integrating economic output and ecological impact: A case study of coastal areas in Beibu Gulf, China. **Journal of Cleaner Production** 271, 122423, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122423>.

TALLEY, W. K.; NG, M.-W.; MARSILLAC, E. Port service chains and port performance evaluation. **Transportation Research Part E**, 69, p. 236-247, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2014.05.008>.

TANG, J., MCNABOLA, A., MISSTEAR, B., CAULFIELD, B. An evaluation of the impact of the Dublin port tunnel and HGV management strategy on air pollution emissions. **Transportation Research Part D**, 52, p. 1–14, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.009>.

WALKER, T. R. Green Marine: An environmental program to establish sustainability in marine transportation. **Marine Pollution Bulletin**, 105, p. 199–207, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.029>.

WOODBURN, A. An analysis of rail freight operational efficiency and mode share in the British port-hinterland container market. **Transportation Research Part D** 51 p. 190–202, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.002>.

YANG, L.; CAI, Y.; WEI, Y.; HUANG, S. Choice of technology for emission control in port areas: A supply chain Perspective. **Journal of Cleaner Production** 240, 118105, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118105>.

YU, H., GE, Y.-E., CHEN, J., LUO, L., TAN, C., & LIU, D. CO2 emission evaluation of yard tractors during loading at container terminals. **Transportation Research Part D** 53, p. 17-36, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.014>.