



Tipo de artigo: Artigo original

Estudo comparativo entre a reciclagem de navios no sul da Ásia, frente a disponibilidade de instalações regulamentadas pela norma europeia

Guilherme Coltri Peres Ramos^a, <https://orcid.org/0009-0006-1795-5251>, Newton Narciso Pereira^b, <https://orcid.org/0000-0003-3432-7063>.

^a Universidade Federal Fluminense - UFF, Programa de Pós-Graduação em Montagem Industrial, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

^b Universidade Federal Fluminense - UFF, Escola de Engenharia Industrial e Metalurgia de Volta Redonda - EEIMVR, Departamento de Engenharia de Produção, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo: A indústria brasileira de petróleo e gás está em transformação, com novas unidades de produção e descomissionamento de plataformas antigas. Este estudo compara a reciclagem de navios no sul da Ásia com a possibilidade de atendimento em instalações regulamentadas pela norma europeia, considerando fatores econômicos, ambientais, técnicos e de segurança. Em 2022, 443 embarcações foram desmontadas globalmente, com 292 ocorrendo no sul da Ásia. A pesquisa destaca a capacidade limitada das instalações europeias para reciclagem de grandes navios e sugere a necessidade de desenvolver novos mercados de reciclagem, como no Brasil, para atender à crescente demanda de descomissionamento de unidades offshore.

Palavras-chave: descomissionamento, reciclagem, offshore.

Abstract: The Brazilian oil and gas industry is transforming with new production units and decommissioning old platforms. This study compares ship recycling in South Asia with the possibility of servicing in facilities regulated by European standards, considering economic, environmental, technical, and safety factors. In 2022, 443 ships were dismantled globally, with 292 occurring in South Asia. The research highlights the limited capacity of European facilities for recycling large ships and suggests the need to develop new recycling markets, such as in Brazil, to meet the growing demand for offshore unit decommissioning.

Keywords: decommissioning, recycling, offshore.

Como citar: RAMOS, G. C. P., PEREIRA, N. N. **Estudo comparativo entre a reciclagem de navios no sul da Ásia, frente a disponibilidade de instalações regulamentadas pela norma europeia** *Engvista*, vol. 22, n.1, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, 2024.

Autor para contato: Guilherme Ramos. E-mail: gcpramos@id.uff.br

Financiamento: Nenhum.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

1 INTRODUÇÃO INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE NAVIOS

1.1 Definição e importância da reciclagem de navios.

A indústria de petróleo e gás no Brasil está em um período de transformação, com a entrada em operação de novas unidades de produção e o início do descomissionamento de plataformas antigas. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o painel dinâmico de descomissionamento de instalações de E&P indica a existência de 33 Programas de Descomissionamento de Instalações (PDI) aprovados e 4 em fase de aprovação, com previsão de investimentos de aproximadamente 6,22 bilhões de reais entre 2022 e 2026 para a remoção das unidades de exploração marítima (ANP, 2023). O envelhecimento dessas estruturas torna o descomissionamento uma atividade inevitável, exigindo a definição do destino dessas unidades. O processo de desativação de plataformas em fim de vida útil destaca a necessidade de gerenciar os resíduos gerados, além dos desafios técnicos, ambientais e econômicos envolvidos.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a partir da Lei nº 9.478 de 1997, que encerrou o monopólio na exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil, e com a descoberta do pré-sal, a atividade petrolífera brasileira expandiu-se significativamente (ANTAQ, 2021). A frota brasileira é composta por embarcações operando em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), construídas no Brasil, nacionalizadas mediante pagamento de tributos, e inscritas no Regime Especial Brasileiro (REB). Isso criou oportunidades para armadores nacionais e estrangeiros fornecerem embarcações para a exploração de petróleo e gás em AJB.

A ANP disponibiliza dados mensais e anuais consolidados, permitindo a visualização da evolução histórica da produção no país, classificando por campo, bacia, instalação, poço, estado, período, operador, entre outros. Em 2023, foram identificadas 61 instalações de produção do tipo FPSO (Floating Production Storage and Offloading) em operação em AJB (ANP, 2023). A Resolução ANP nº 817/2020 dispõe sobre o descomissionamento de instalações de E&P, estabelecendo que as instalações retiradas de operação, os equipamentos necessários para o descomissionamento e a área onde estão inseridas devem ser mantidos em condições de segurança para mitigar riscos à vida humana, ao meio ambiente e aos demais usuários até a finalização do descomissionamento (ANP, 2020, art.º 62 item 2.1)

Com o fim da vida útil de muitas instalações de produção de petróleo offshore, o descomissionamento se tornará uma atividade crescente (VON HELLFELD et al., 2023). Esta perspectiva está alinhada com a descrição de Osmundsen et al. (2003), que destaca a importância global do descomissionamento de instalações de petróleo e gás devido ao esgotamento dos reservatórios, sendo um fator decisivo para a desativação dessas unidades. O desafio financeiro enfrentado por países e armadores no descomissionamento offshore é significativo, envolvendo o equilíbrio entre custos operacionais e incentivos para continuar investindo, especialmente em campos maduros, conforme apresentado por Braga et al. (2022). Este estudo também se alinha com Sudaia et al. (2018), que aponta que o descomissionamento pode gerar ganhos financeiros, benefícios socioeconômicos e preservação ambiental.

Martins et al. (2019) destacam a importância de avaliar múltiplos critérios no processo decisório, incluindo aspectos econômicos, ambientais, técnicos, sociais e de segurança. Von Hellfeld et al. (2023) também enfatizam que as discussões sobre métodos de descomissionamento devem considerar impactos e riscos ambientais, sociais e de custo. Fowler et al. (2014) argumentam que as decisões de desmantelamento na próxima década provavelmente serão baseadas em dados empíricos devido a lacunas de conhecimento sobre o meio ambiente, refletindo a imaturidade do mercado de descomissionamento offshore. Os métodos de descomissionamento variam desde a remoção total da infraestrutura até remoções parciais com aprovações para abandonos *in-situ* (Bull; Love, 2019).

1.2 Normas e Regulamentações

A *Shipbreaking Platform* - NGO defende que a transformação da demolição de navios em reciclagem sustentável exige que armadores vendam seus navios a estaleiros que invistam em segurança e nível ambiental (NGO, 2020). O termo "demolição de navios" foi substituído por "reciclagem de navios" após a redação da Convenção de Hong Kong (HKC) (IMO, 2009). No Brasil, o termo "desmantelamento" não está alinhado com a HKC, pois se refere apenas à desmontagem, sem preocupação com reciclagem e destinação final dos resíduos.

Lin et al. (2022) destacam que convenções internacionais, como a Convenção de Basiléia (CB), a HKC e o Regulamento Europeu EN 1257/2013 (SRR), foram desenvolvidas para tornar a reciclagem de unidades mais segura e atender às preocupações da comunidade

internacional. O Brasil ainda não possui legislação federal específica como a europeia, mas esforços como o Projeto de Lei 1584/2021 estão em andamento.

Embora o Brasil não reconheça a HKC, esta convenção exige documentos que garantem maior entendimento sobre os riscos dos materiais nas embarcações, conforme Hiremath et al. (2016). Um dos anexos da HKC solicita o desenvolvimento de um inventário de materiais perigosos (IHM), regulamentado pela resolução da IMO MEPC 379(80) e em vigor desde 2015 e revisada em 2023. A Convenção de Basiléia, reconhecida por mais de 160 países, incluindo o Brasil, estabelece que os Estados geradores de resíduos são responsáveis pelo transporte e descarte correto desses materiais, conforme descrito por Peroni et al. (2012). Mesmo que os materiais transportados entre países sejam valorizados como recursos, eles ainda estão sob o tratado da convenção.

Este estudo visa comparar a reciclagem de navios no sul da Ásia com a possibilidade de atendimento em instalações regulamentadas pela norma europeia, considerando fatores econômicos, ambientais, técnicos e de segurança. A HKC e a SRR têm abordagens distintas para a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente na desmontagem de navios. Enquanto a HCK estabelece princípios gerais e é global em sua abrangência, o regulamento SRR é uma norma específica da UE com requisitos detalhados para assegurar a conformidade dentro do bloco europeu. A pesquisa destaca a capacidade limitada das instalações europeias para reciclagem de grandes navios e sugere a necessidade de desenvolver novos mercados de reciclagem, como no Brasil, para atender à crescente demanda de descomissionamento de unidades offshore.

2 PROCESSO DE RECICLAGEM DE NAVIOS

2.1 Mercado de reciclagem de embarcações

Quando os navios chegam ao fim de sua vida útil, com ciclo de vida de 25 a 30 anos, os armadores procuram vender seus navios pela melhor oferta de compra, conforme explicado por Hsuan e Parisi (2020). Estudos conduzidos por Kumar e ICRA (2009, 2012 apud Hiremath, 2015) demonstraram que a distribuição de materiais recicláveis, já descontados 10% do peso leve devido ao desgaste durante o ciclo de vida do navio, é caracterizada por (a) 70% do peso leve para laminação de aço, (b) 6 a 10% como sucata pesada para fundição,

(c) 5% para maquinários, e (d) 5% para outros produtos não ferrosos e resíduos. Desta forma, como apresentado por Hsuan e Parisi (2020), os navios são vendidos a terceiros para reciclagem, onde quase tudo pode ser reutilizado, descartado ou reciclado.

Segundo Benjamin e Figueiredo (2020), este mercado é conhecido por diversos termos, como descomissionamento de navios, reciclagem de navios e desmonte de navios. O termo descomissionamento de navios é uma nomenclatura mais antiga que se refere ao mercado tradicional, sendo estruturado por esta atividade. Já a reciclagem de navios é uma expressão mais recente e está mais em consonância com os princípios de sustentabilidade atuais. Por outro lado, o termo desmonte de navios, que é considerado o mais comum, tende a ser associado a aspectos negativos da atividade, especialmente no que diz respeito à exploração ambiental e social no Sul e Sudeste da Ásia.

Mesmo com a presença de inúmeros materiais reutilizáveis, Krause (2005) contrapõe que diversos materiais tóxicos podem ser encontrados nos navios ao final de sua vida útil. O acordo internacional, denominado Convenção de Basileia, classifica a maioria dessas substâncias e controla suas movimentações entre os países signatários, conforme descrito por Chang (2010).

2.2 Capacidade técnica dos pátios de reciclagem

Segundo a NGO, mais de 70% dos navios em final de vida são destinados a países em desenvolvimento no sul da Ásia, para que seja possível a reciclagem desses navios (NGO, 2023). No entanto, existem sérios problemas associados ao descarte realizado através de processos nesses países.

Navios do tipo FPSO, geralmente derivados de grandes navios petroleiros tipo VLCC, são adaptados como plataformas de operação e produção. Os armadores de navios de grande porte justificam a reciclagem em países do sul da Ásia afirmando que as instalações capazes de conduzir uma reciclagem responsável não são grandes o suficiente e, portanto, só podem receber navios de pequeno e médio porte (NGO, 2020).

Ao longo dos anos, várias unidades foram destinadas à reciclagem em países do sul da Ásia, incluindo casos emblemáticos de contaminação por metais pesados e NORM, como o dos FPSO North Sea Producer, enviado para Bangladesh e evidenciado com níveis de contaminação superiores aos permitidos pela legislação vigente do país (NGO, 2022a). Não

apenas navios do tipo FPSO, mas muitos outros navios seguem o mesmo destino do FPSO North Sea Producer, porém não serão objeto do presente trabalho.

Para os próximos cinco anos, a PETROBRAS espera retirar de operação no mínimo 26 unidades de produção (NGO, 2023). Isso demonstra uma crescente demanda por unidades que precisam ser adequadamente destinadas, garantindo a segurança das pessoas e do meio ambiente.

Com o setor de petróleo e gás enfrentando uma desaceleração desde 2014, a Plataforma documentou um número crescente de unidades offshore vendidas para reciclagem. Desde 2015, mais de 200 estruturas flutuantes de petróleo e gás foram documentadas pela NGO como descartadas globalmente – cerca de 40% desses ativos tiveram seu fim nas praias do sul da Ásia, onde foram desmontadas em condições que causam danos irreparáveis ao ambiente costeiro e colocam em risco a vida, a saúde e a segurança dos trabalhadores. Mercúrio e contaminação radioativa são preocupações particulares nas chamadas unidades flutuantes de produção e armazenamento (NGO, 2022b).

2.3 Fatores de influência para a reciclagem de embarcações

O estudo de Ocampo e Pereira (2019) indica que os fatores que influenciam a reciclagem de embarcações incluem a conformidade com regulamentações internacionais, como o Hong Kong Convention (HKC) e o Ship Recycling Regulation (SRR), que garantem práticas seguras e sustentáveis. Além disso, a capacidade técnica e a infraestrutura dos estaleiros precisam ser adaptadas para atender às exigências específicas da reciclagem. Os estaleiros do Sul da Ásia enfrentam diversos desafios significativos na reciclagem de navios. Primeiramente, muitos utilizam práticas não sustentáveis, como a técnica de *beaching*, que resulta em contaminação do solo e da água (Ocampo e Pereira, 2019).

Segundo Zhou et al., 2021 os fatores críticos para a reciclagem de navios, incluem a gestão da reciclagem, o método de reciclagem, a disposição de materiais perigosos, o consumo de água e energia para o processo de corte e tratamento de materiais perigosos, e as instalações e planos de proteção ambiental. A crescente pressão para atender a normas internacionais, como o a HKC e a SRR, exige que esses estaleiros melhorem suas práticas para serem reconhecidos como instalações seguras e sustentáveis (Ocampo e Pereira, 2019).

2.4 O processo de Reciclagem de Navios no Sul da Ásia

2.4.1 Métodos e práticas comuns de reciclagem na Índia, Bangladesh e Paquistão.

A reciclagem de navios na Índia, Bangladesh e Paquistão é predominantemente realizada por meio de técnicas conhecidas como *beaching*. Essa abordagem envolve o encalhe de navios em praias, onde são desmontados manualmente. Embora essa prática seja econômica, ela acarreta sérios riscos ambientais e de saúde. Os trabalhadores que atuam nesse setor frequentemente enfrentam condições perigosas, expostos a substâncias tóxicas, como amianto e produtos químicos, sem a devida proteção ou regulamentação. Isso levanta preocupações significativas sobre a saúde e segurança ocupacional (Ocampo e Pereira, 2019). Além disso, Zhou et al. (2020) destacam que a falta de infraestrutura adequada para lidar com resíduos perigosos e a proteção insuficiente para os trabalhadores são questões críticas nessas regiões. Apesar de ser amplamente utilizado devido ao seu baixo custo, o método de *beaching* apresenta sérios desafios em termos de gestão de materiais perigosos e proteção ambiental. Hiremath et al. (2015) afirmam que os métodos e práticas comuns de reciclagem na Índia, Bangladesh e Paquistão incluem o uso de know-how desenvolvido ao longo de 30 anos em Alang, Índia, que utilizam a energia natural do movimento das marés e condições geográficas únicas de baixa inclinação das praias desta localidade para desenvolver este mercado de reciclagem naval.

2.4.2 Impactos ambientais e aos trabalhadores.

Zhou et al. (2020) Os impactos ambientais e sociais locais da reciclagem de navios incluem a poluição do solo e da água por metais pesados e outros materiais perigosos, além de riscos significativos à saúde e segurança dos trabalhadores. A prática de desmantelamento em praias, comum em países como Índia, Bangladesh e Paquistão, agrava esses problemas devido à falta de infraestrutura adequada para a gestão de resíduos perigosos e à proteção insuficiente para os trabalhadores

Segundo Hiremath et al. (2015), os impactos ambientais e sociais locais incluem a poluição da água do mar na área costeira de Chittagong, Bangladesh, conforme estudo realizado pela *Young Power in Social Action (YPSA)* (Ypsa, 2005; Kumar, 2009). Além disso, em Alang, Índia, a poluição do ar e a contaminação de sedimentos na zona de variação de maré são problemas significativos, especialmente devido às operações de corte de placas que afetam

diretamente os trabalhadores e o meio ambiente (DESHPANDE et al., 2012). Em Bangladesh, a poluição da água do mar na área costeira de Chittagong é um problema significativo. No Paquistão, a *United Nations Environment Programme* - UNEP destacou os modelos da Convenção de Basileia e da Convenção de Hong Kong para instalações de reciclagem de navios em conformidade, com planos de curto, médio e longo prazo para alcançar a conformidade com essas convenções (Hiremath et al., 2015).

Gunbeayz et al. (2023) menciona que o mercado global de reciclagem de navios enfrenta desafios significativos de sustentabilidade, especialmente devido ao método de desmantelamento em praias abertas, que é comum em algumas regiões. Além disso, destaca que os trabalhadores de reciclagem de navios estão em alto risco de exposição a partículas aéreas e elementos potencialmente tóxicos, a menos que sejam protegidos por máscaras de poeira eficazes e outros Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Além disso, a reciclagem de navios nesses países representa uma fonte importante de recuperação de materiais, especialmente aço, que é vendido para a indústria siderúrgica. A demanda por sucata metálica é alta, tornando essa prática economicamente viável (Ocampo e Pereira, 2019). O mercado de reciclagem de navios nas praias do Sul da Ásia continua a causar sérios danos aos trabalhadores e ao meio ambiente, mesmo com a redução no número de navios sucateados (NGO, 2023).

2.5 Instalações de Reciclagem Regulamentadas na Europa

Em contraposição à realidade das práticas do sul da Ásia, a SRR estabelece diretrizes mais rigorosas para a reciclagem segura de navios. Este regulamento visa minimizar os impactos ambientais e proteger a saúde dos trabalhadores, obrigando os Estados-Membros da União Europeia a certificar instalações de reciclagem de navios, promovendo a transição para uma economia circular sustentável (SRR EN-1257, 2023). As instalações de reciclagem aprovadas devem cumprir requisitos rigorosos para assegurar a proteção ambiental, a saúde e a segurança dos trabalhadores, além da gestão correta dos resíduos recuperados, conforme descrito no regulamento (SSR EN-1257, 2013). Com essas medidas, a UE busca servir de exemplo para a adoção de práticas mais seguras e sustentáveis na reciclagem de navios globalmente.

Entretanto, a capacidade de processamento dos estaleiros europeus é limitada, o que levou a UE a permitir que estaleiros não pertencentes à UE participem da reciclagem de embarcações

locais. Essa situação cria uma oportunidade para estaleiros em países como o Brasil, que possuem capacidade produtiva subutilizada. Esses estaleiros podem se beneficiar economicamente da reciclagem de navios, ao mesmo tempo em que cumprem com as rigorosas leis ambientais e trabalhistas do país. Assim, a dinâmica do mercado de reciclagem de navios está mudando, oferecendo novas possibilidades para estaleiros fora da Europa (Ocampo e Pereira, 2019).

3 METODOLOGIA

Este trabalho se trata de um estudo de caso, baseado nos dados fornecidos pela NGO em 2023, que analisou os navios destinados à reciclagem em 2022. O estudo considerou 04 etapas, compreendidas entre avaliação dos dados, identificação e filtro dos navios destinados para o sul da Ásia, identificação das instalações na União Europeia e avaliação dos resultados.

3.1 Análise dos dados de navios sucateados publicados pela NGO em 2022.

A análise abrangeu uma ampla gama de tipos de embarcações, bandeiras, proprietários e destinos finais, refletindo a complexidade e a diversidade do setor de reciclagem de navios. Os dados revelam que uma variedade de navios, incluindo plataformas de perfuração, navios de carga geral, navios de passageiros, navios-tanque e embarcações de apoio offshore, foram desmontados em 2022. A análise também destaca a distribuição geográfica dos destinos de reciclagem. Muitos navios foram enviados para locais tradicionais de desmantelamento, como Alang, na Índia, e Chittagong, em Bangladesh. Os dados também revelam a complexidade das cadeias de propriedade e operação dos navios. Muitos navios têm múltiplos proprietários e operadores ao longo de suas operações, o que pode complicar o processo de desmantelamento. Além disso, a análise destaca a importância da conformidade regulatória e das práticas de desmantelamento seguro e sustentável. A conformidade com regulamentações internacionais, como a HKC e a SRR, é essencial para garantir práticas seguras e sustentáveis. A capacidade técnica e a infraestrutura dos estaleiros precisam ser adaptadas para atender às exigências específicas da reciclagem. Os estaleiros do Sul da Ásia enfrentam desafios significativos, como o uso de práticas não sustentáveis, que resultam em contaminação do solo e da água.

3.1.1 Apresentação e análise dos dados

Em 2022, 443 navios comerciais oceânicos e unidades offshore foram vendidos para desmantelamento, com 292 deles sendo destinados para as praias em Bangladesh, Índia e Paquistão. Os estaleiros do Sul da Ásia desmantelaram 80% da tonelagem bruta global de reciclagem de final de vida, apesar de terem registrado o menor volume de negócios em mais de uma década (NGO, 2023), representados resumidamente através da Figura 1 e Tabela 1.

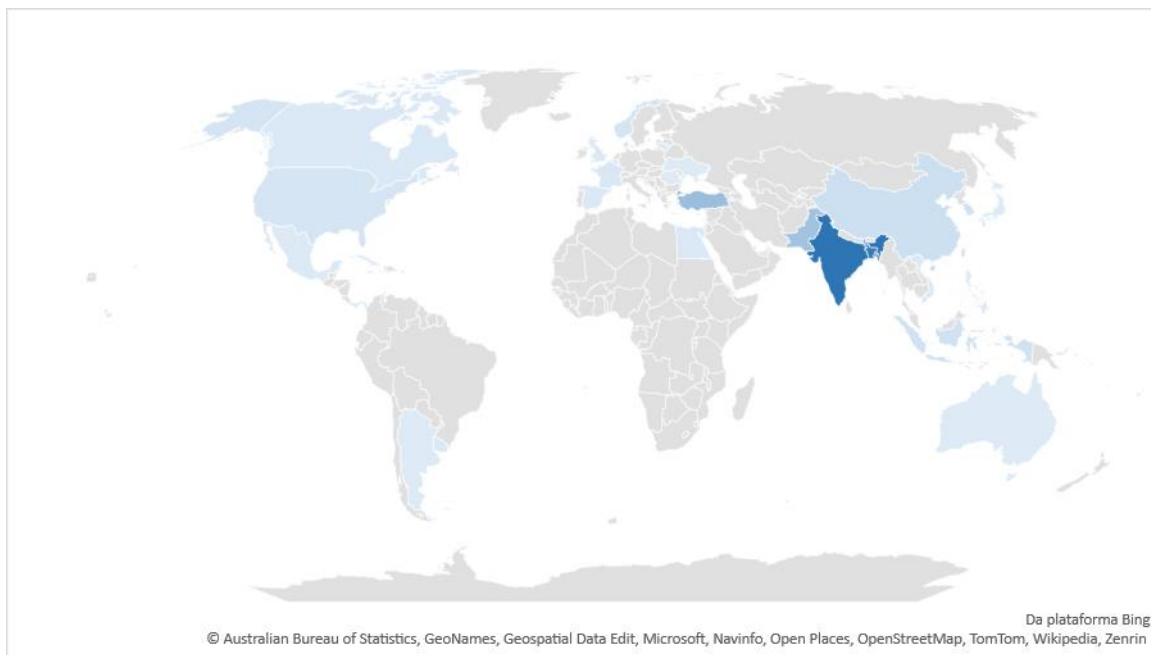


Figura 1. Países de destino de reciclagem de embarcações em 2022.

Fonte: Adaptado de NGO (2023).

Tabela 1. Total de embarcações destinadas para o sul da Ásia em 2022.

Destino	Número de embarcações
Índia	127
Bangladesh	122
Paquistão	43
Total	292

Foram estratificadas as embarcações de interesse do estudo, tendo o foco de navios do tipo FPSO (*Floating, Production, Storage and Offloading*), FSO (*Floating, Storage and*

Offloading) e *Tankers* (Navio Tanque), para avaliar a quantidade de navios, toneladas de reciclagem (somatório de peso leve) e as características dos navios a partir do número de registro da embarcação na IMO (*IMO Number*). Como resultado desta classificação, o estudo identificou 37 embarcações que foram destinadas para a reciclagem no sul da Ásia, conforme representado pela Tabela 2.

Tabela 2. Embarcações tipo FPSO/FSO/Tanques destinadas para o sul da Ásia em 2022.

Destino	Número de embarcações
India	11
Bangladesh	16
Paquistão	10
Total	37

O total de toneladas de peso leve (LDT) ultrapassa a quantidade de 769 mil toneladas processadas para reciclagem em 2022, considerando apenas as embarcações objeto do estudo de caso. Estes navios foram todos reciclados através do processo de encalhamento nas praias do sul da Ásia, oferecendo riscos ao meio ambiente e aos trabalhadores da maneira como foram reciclados através do processo de *beaching*. Todos os 37 navios foram avaliados e classificados por faixas de comprimento conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Categorização de navios através do comprimento máximo

Comprimento máximo (m)	Quantidade de Navios
até 240m	9
entre 241m e 250m	12
entre 251m e 265m	2
entre 266m e 290m	9
acima de 291m	5

3.1.2 Avaliação de instalações aprovadas pela União Europeia.

A pesquisa, baseada na lista de instalações aprovadas pela União Europeia, identificou aquelas capazes de receber os navios especificados e estratificados na Tabela 4. O objetivo foi avaliar a quantidade de instalações aptas para o recebimento dessas unidades nas instalações de reciclagem. Essas instalações foram, então, classificadas e apresentadas conforme a Tabela 4, permitindo determinar a relação entre a quantidade de instalações e a

quantidade de navios previstos para cada grupo de instalações. Os dados incluem o comprimento máximo dos navios que cada instalação pode acomodar, a quantidade de navios que podem ser reciclados nessas instalações, a capacidade máxima informada acumulada em termos de LDT e a capacidade efetivamente executada acumulada em LDT. Desta forma, identificam-se 17 instalações capazes de atender aos 37 navios objetos do estudo, baseado nas condições limitantes de comprimento das embarcações.

Tabela 4. Instalações de reciclagem aprovadas pela União Europeia com base no comprimento dos navios.

Instalações de reciclagem aprovadas EN-1257/2013	Comprimento máximo (m)	Quantidade de navios possíveis	Capacidade máxima informada acumulada LDT (ton)	Capacidade executada informada acumulada LDT (ton)
2	< 240	9	70.500	26.500
1	< 250	21	40.000	20.000
1	< 265	23	50.000	34.000
1	< 290	32	75.000	31.000
7	> 291	37	885.000	231.480
10	Sem limite	37	885.000	540.121

No estudo conduzido por Gunbeayz et al. (2022), um bloco padrão de 2,8 toneladas foi selecionado como objeto de análise, visando estimar a produtividade e comparar diferentes métodos de corte, com foco no tempo necessário para a execução do trabalho. Para os propósitos desta pesquisa, foi empregado o método de corte utilizando o processo de oxiacetileno. As observações registradas no estudo revelaram que o método de oxi acetileno demandava 167,54 minutos para a realização do corte e limpeza do bloco analisado. Com base nessa produtividade, foi estabelecida uma taxa de corte e limpeza de 1 Hh/ton para os fins deste estudo.

4 RESULTADOS

Com base nos dados apresentados, calculou-se a duração estimada para a reciclagem dos navios, utilizando um índice de produtividade adotada e o emprego do método de corte com maçarico (oxiacetileno). A Tabela 5 apresenta os navios considerados no estudo e a duração

estimada em semanas para concluir o corte das toneladas previstas, baseado no modelo de produtividade.

Tabela 5. Duração teórica da reciclagem de navios pelo processo de corte.

IMO#	Tipo	Comprimento (m)	LDT (ton)	País	Semanas (960 Hh)
9217981	Tanque	335	43.705	Bangladesh	46
9237527	Tanque	332	40.737	Paquistão	42
9158874	FSO	330	41.835	Bangladesh	44
9248485	Tanque	329	39.198	Bangladesh	41
8902618	FSO	312	25.308	Índia	26
9180114	Tanque	274	23.313	Bangladesh	24
9225081	Tanque	274	24.370	Bangladesh	25
9203760	Tanque	274	23.192	Índia	24
9331476	FPSO	274	32.081	Índia	33
9230892	Tanque	274	24.882	Índia	26
9229386	Tanque	274	24.913	Paquistão	26
9070149	Tanque	274	22.350	Paquistão	23
9104885	Tanque	269	21.675	Paquistão	23
7380693	FPSO	266	27.130	Índia	28
8500537	FSO	260	22.793	Índia	24
9111632	Tanque	253	16.365	Bangladesh	17
9248837	Tanque	250	19.016	Bangladesh	20
9173733	Tanque	248	18.009	Índia	19
9221891	Tanque	248	17.587	Paquistão	18
9169548	Tanque	247	16.616	Bangladesh	17
9198159	Tanque	246	16.688	Paquistão	17
9253064	Tanque	246	16.749	Paquistão	17
9299343	Tanque	245	20.015	Bangladesh	21
9299355	Tanque	245	19.699	Paquistão	21
9200964	Tanque	244	16.897	Bangladesh	18
9144067	Tanque	244	16.640	Bangladesh	17
9209295	Tanque	241	15.682	Bangladesh	16
8017815	FPSO	241	26.293	Índia	27
9252979	Tanque	238	16.224	Bangladesh	17
9239630	Tanque	228	13.242	Índia	14
9275749	Tanque	228	13.382	Índia	14
8421171	Tanque	218	14.409	Índia	15
8913629	FSO	183	87.74	Paquistão	9
9108647	Tanque	182	96.06	Bangladesh	10
9081825	Tanque	182	95.97	Paquistão	10
9167186	Tanque	171	88.66	Bangladesh	9
8005977	Tanque	105	20.85	Bangladesh	2

Para isso, foi considerada uma equipe produtiva composta por 24 profissionais, trabalhando em um turno de 8 horas diárias, durante 5 dias por semana, totalizando uma disponibilidade semanal de 960 Hh. A análise revelou que, para navios como tanques e FSO, a duração variava significativamente, com alguns navios exigindo até 49 semanas para serem completamente reciclados. Este cálculo foi essencial para entender a capacidade de processamento das instalações e garantir que a demanda de reciclagem pudesse ser atendida de maneira eficiente e segura. Além disso, a metodologia adotada permitiu uma avaliação precisa da produtividade e da alocação de recursos necessários para o desmantelamento. Para o cálculo de alocação dos navios foi considerada a produtividade informada pelas instalações através da lista de instalações aprovadas e os navios foram alocados até o atingimento do limite de produtividade anual informado pelas instalações. Essa ordenação simples resultou na alocação de todas as unidades estudadas, conforme descrito na Tabela 6, onde as instalações estão identificadas apenas pelos países de localização e a ordenação proposta pelo estudo considerou o tempo previsto na Tabela 5 para realização do sequenciamento. Este resultado indica que a capacidade projetada das instalações seria suficiente para atendimento de todas as 37 embarcações dentro de 1 ano e que poderiam ter sido recicladas em instalações certificadas através do regulamento europeu. Nota-se através da Tabela 4 que as instalações capazes de atender aos navios acima de 290m já seriam capazes de absorver toda a demanda projetada de 769 mil toneladas, porém esse trabalho não seria realizado dentro de apenas 1 ano.

A pesquisa, baseada na lista de instalações aprovadas pela União Europeia, identificou aquelas capazes de receber os navios especificados e estratificados na Tabela 4. O objetivo foi avaliar a quantidade de instalações aptas para o recebimento dessas unidades nas instalações de reciclagem. Essas instalações foram, então, classificadas e apresentadas conforme a Tabela 4, permitindo determinar a relação entre a quantidade de instalações e a quantidade de navios previstos para cada grupo de instalações. Os dados incluem o comprimento máximo dos navios que cada instalação pode acomodar, a quantidade de navios que podem ser reciclados nessas instalações, a capacidade máxima informada acumulada em termos de LDT e a capacidade efetivamente executada acumulada em LDT. Desta forma, identificam-se 17 instalações capazes de atender aos 37 navios objetos do estudo, baseado nas condições limitantes de comprimento das embarcações.

Tabela 6. Ordenação simples de navios para instalações certificadas pelo regulamento europeu.

# Instalação	País	IMO #			
1	Noruega	9217981	9237527	9158874	
2	Turquia	9248485	8902618		
3	Turquia	9180114	9225081		
4	Turquia	9203760	9331476		
5	Países baixos	9230892	9229386	9070149	9104885
6	Turquia	7380693	8500537		
7	Dinamarca	9111632	9248837		
8	Franca	9173733	9221891	9169548	
9	Turquia	9198159			
10	Turquia	9253064	9299343		
11	Turquia	9299355	9200964		
12	Dinamarca	9144067	9209295		
13	Bélgica	8017815	9252979	9239630	
14	Turquia	9275749			
15	Itália	8421171	8913629	9108647	
16	Turquia	9081825			
17	Finlândia	9167186	8005977		

A NGO *Shipbreaking Platform*, que publicou os dados, enfatiza a necessidade de práticas de desmantelamento que minimizem os impactos ambientais e garantam a segurança dos trabalhadores. Em resumo, este estudo de caso fornece uma visão abrangente do setor de reciclagem de navios em 2022, destacando a diversidade de embarcações recicladas, a complexidade das cadeias de propriedade e operação, e a importância da conformidade regulatória e das práticas de desmantelamento seguro e sustentável.

5 CONCLUSÕES

A principal percepção que se pode obter desses dados é que a reciclagem de navios é uma prática global, com uma concentração significativa de atividades em países do Sul da Ásia, como Índia, Bangladesh e Paquistão. A análise desses dados é crucial para monitorar as práticas de reciclagem e garantir a conformidade com regulamentos ambientais e de segurança na região. A comparação entre a reciclagem de navios no Sul da Ásia e na Europa revela diferenças significativas em termos de volume e práticas. No Sul da Ásia, a reciclagem de uma grande variedade de embarcações é comum devido à infraestrutura estabelecida e à

disponibilidade de mão de obra. Em contraste, na Europa, a reciclagem de navios ocorre em menor escala e geralmente segue regulamentos ambientais e de segurança mais rigorosos, refletindo uma abordagem mais sustentável e regulamentada. Os navios escolhidos, que são do tipo FPSO/FSO/Tanques, apresentam elevada probabilidade de conter resíduos contaminados, possibilidade de resíduos radioativos, metais pesados e outras propriedades prejudiciais ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores. A partir das informações obtidas e considerando as limitações de cada estaleiro analisado, constatou-se que todos os 37 navios, programados para 2022 com destino ao Sul da Ásia, poderiam ter sido processados em estaleiros com certificação da União Europeia, não sendo necessária a escolha por países em desenvolvimento econômico, onde as práticas de sustentabilidade, segurança e proteção do meio ambiente podem ser questionadas. Além disso, a análise destaca a complexidade das cadeias de propriedade e operação dos navios, a importância da conformidade regulatória e das práticas de desmantelamento seguro e sustentável, e os impactos ambientais e sociais significativos nas regiões de reciclagem. A pesquisa também revelou que a diversidade de embarcações recicladas em 2022 inclui plataformas de perfuração, navios de carga geral, navios de passageiros, navios-tanque e embarcações de apoio offshore. A complexidade das cadeias de propriedade e operação dos navios, com múltiplos proprietários e operadores ao longo de suas vidas úteis, pode complicar o processo de reciclagem. A conformidade regulatória e as práticas de reciclagem segura e sustentável são essenciais para minimizar os impactos ambientais e garantir a segurança dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Painel Dinâmico de Descomissionamento de Instalações de Exploração e Produção.** 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-sobre-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/painel-dinamico-de-descomissionamento-de-instalacoes-de-exploracao-e-producao>>. Acesso em: 19 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. **Embarcações de engenharia empregadas nas atividades offshore de exploração de petróleo e gás.** 2022. Brasília: ANTAQ, 2021. p. 105

BENJAMIN, Caio; FIGUEIREDO, Nelio. The ship recycling market in Brazil-The Amazon potential. **Journal of Environmental Management**, Belém, v. 253, p. 109540, jan. 2020.

BRAGA, Luciana; PINTO JÚNIOR, Helder. The financial aspects of offshore decommissioning and Brazilian regulatory system in the light of the transnational legal order. **The Journal of World Energy Law & Business**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 423-448, set. 2022.

BULL, Ann Scarborough; LOVE, Milton S. Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options. **Ocean & Coastal Management**, Santa Barbara, v. 168, p. 274-306, fev. 2019

CHANG, Yen-Chiang; WANG, Nannan; DURAK, Onur Sabri. Ship recycling and marine pollution. **Marine Pollution Bulletin**, Jinan, v. 60, n. 9, p. 1390-1396, sep. 2010.

DESHPANDE, P. C.; TILWANKAR, A. K.; ASOLEKAR, S. R. A novel approach to estimating potential maximum heavy metal exposure to ship recycling yard workers in Alang, India. **Science of The Total Environment**, Mumbai v. 438, p. 304–311, sep. 2012.

EUROPEAN PARLIAMENT. Commission Implementing Decision (EU) 2016/2323 of 19 December 2016 establishing the European List of ship recycling facilities pursuant to Regulation (EU) No 1257/2013 of the European Parliament and of the Council on ship recycling. **Official Journal of the European Union**, 2023. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1257/o>. Acesso em: 23 maio 2024.

FOWLER, Ashley M. et al. A multi-criteria decision approach to decommissioning of *offshore* oil and gas infrastructure. **Ocean & Coastal Management**, Broadway, v. 87, p. 20-29, jan. 2014.

GUNBEYAZ, Sefer Anil; KURT, Rafet Emek; TURAN, Osman. Investigation of different cutting technologies in a ship recycling yard with a simulation approach. **Ships and Offshore Structures**, Glasgow v. 17, n. 3, p. 564-576, jul. 2022.

GUNBEYAZ, S. A. et al. Workers' exposure to dust and potentially toxic elements during steel cutting in two ship dismantling cases. **Ocean Engineering**, Glasgow v. 270, p. 113628, jan. 2023.

HIREMATH, Anand M.; TILWANKAR, Atit K.; ASOLEKAR, Shyam R. Significant steps in ship recycling vis-a-vis wastes generated in a cluster of yards in Alang: a case study. **Journal of Cleaner Production**, Cairo, v. 87, n. 1, p. 520-532, jan. 2015.

HIREMATH, Anand M.; PANDEY, Sachin Kumar; ASOLEKAR, Shyam R. Development of ship-specific recycling plan to improve health safety and environment in ship recycling yards. **Journal of Cleaner Production**, Mumbai, v. 116, p. 279-298, mar. 2016.

HSUAN, Juliana; PARISI, Cristiana. Mapping the supply chain of ship recycling. **Marine Policy**, Frederiksberg, v. 118, p. 103979, ago. 2020.

IMO, **RESOLUTION MEPC.178(59)**, adopted on 17 July 2009. 2009. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/178\(59\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/178(59).pdf). Acesso em: 03 mai 2023.

IMO, RESOLUTION MEPC.379(80), adopted on 07 July 2023. 2023. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.379\(80\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.379(80).pdf). Acesso em: 03 set 2023

KRAUSE, Karsten. End-of-Life Ships -Linking European Maritime Safety to Occupational Safety on Asian Scrap Yards. **ETSC yearbook. Safety and sustainability. Brussels: European Transport Safety Council**. 2005.

LIN, Lin et al. Hazardous waste from the global shipbreaking industry: Historical inventory and future pathways. **Global Environmental Change**, Weihai, v. 76, p. 102581, set. 2022.

MARTINS, Isabelle D. et al. A review of the multicriteria decision analysis applied to oil and gas decommissioning problems. **Ocean and Coastal Management**, Rio de Janeiro, v. 184, n. 2020, p. 1-20, feb. 2019.

NGO SHIPBREAKING PLATFORM. **Impact report 2018/2019**. 2020. Disponível em: <<https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2020/06/NGOSBP-Bi-Annual-Report-18-19.pdf>>. Acesso em 1 jul. 2023.

NGO SHIPBREAKING PLATFORM. **Anual Impact Report 2017**. 2022a. Disponível em: <https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2022/01/Annual-Report-2017-Final-Spreads_compressed.pdf>. Acesso em 1 jul. 2023.

NGO SHIPBREAKING PLATFORM. **Bianual Impact report 2020/2021**. 2022b. Disponível em: <https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2022/11/NGO-SBP-Annual-Report-2020_2021.pdf>. Acesso em 1 jul. 2023.

NGO SHIPBREAKING PLATFORM. **Annual list of ships scrapped worldwide – 2022**. 2023. Disponível em: <<https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-List-of-all-ships-dismantled-all-over-the-world.xlsx>>. Acesso em 1 jul. 2023.

OCAMPO, Euler Sánchez; PEREIRA, Newton Narciso. Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, Volta Redonda, v. 224, p. 981-993, jul. 2019.

OSMUNDSSEN, Petter; TVETERAS, Ragnar. Decommissioning of petroleum installations - major policy issues. **Energy Policy**, Oxford, v. 31, n. 15, p. 1579-1588, dez. 2003.

PERONI, Michele; MULAS, V.; BETTI, Emanuele; PATATA, Leonardo; AMBROSINI, Paolo. Decommissioning and remediation of NORM/TENORM contaminated sites in oil and gas. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 28, p. 181-186, jul. 2012.

SUDAIA, David Pascoal et al. Sustainable recycling of mooring ropes from decommissioned offshore platforms. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 135, p. 357-360, out. 2018.

VON HELLFELD et al. An approach to assess potential environmental mercury release, food web bioaccumulation, and human dietary methylmercury uptake from decommissioning

offshore oil and gas infrastructure. **Journal of Hazardous Materials**, Aberdeen, v. 452, p. 131298, jun. 2023.

ZHOU, Q. et al. Factors influencing green ship recycling: A conceptual framework and modeling. **Journal of Cleaner Production**, Tianjin, v. 322, p. 129155, sep. 2021.

Contribuição dos autores: GR: Conceituação, aquisição e avaliação dos dados, redação; NN: Revisão formal, avaliação da metodologia; GR e NN: Revisão final.

Editores: Bruno Campos Pedroza, Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro.