

POTENCIALIDADES DO USO DA SUCATA PROVENIENTE DO DESCOMISSIONAMENTO DE SISTEMAS SUBMARINOS NO BRASIL

Data de aceite: 02/12/2023

Ana Carolina Maia Angelo

Isabela Fernandes de Oliveira

Lucas Rosse Caldas

Vitor dos Santos Ortiz

RESUMO: O setor siderúrgico possui um papel crucial para a descarbonização do setor industrial, pelo fato do aço ser um dos materiais mais utilizados e aos processos energo-intensivos normalmente existentes nesse tipo de indústria, responsáveis por grandes quantidades de emissão de gases de efeito estufa (GEE). A Economia Circular emerge como uma alternativa para esse setor, especialmente do ponto de vista da estratégia de reciclagem, por meio da utilização da sucata na produção de aço. Parte da sucata necessária para a descarbonização do setor siderúrgico no Brasil pode ser obtida como resultado dos processos de descomissionamento da indústria de Óleo e Gás (O&G), ainda mais se for considerado que muitos campos e plataformas brasileiros encontram-se em final de vida útil e caminhando para

fases de desativação. Neste contexto, o objetivo deste artigo é quantificar o potencial de geração de sucatas de aço e das emissões evitadas, em kg CO₂-Eq, proveniente de equipamentos submarinos descomissionados do setor de O&G. Para isso, realizou-se o mapeamento do potencial de equipamentos descomissionados do setor de O&G no Brasil, a partir da busca de dados contidos nos Projetos de Descomissionamento de Instalações (PDIs) disponíveis no site da Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a classificação dos equipamentos em dutos rígidos, flexíveis, umbilicais e cabos elétricos. Como resultado, chegou-se a 6.253 toneladas de sucatas metálicas com potencial de serem reaproveitadas e aproximadamente 9.380 ton de CO₂-Eq evitadas. O artigo traz como principal contribuição científica primeiros números, passos e uma metodologia para se contabilizar essas emissões com foco no setor de O&G, que ainda é pouco explorado, principalmente no Brasil.

PALAVRAS-CHAVES: Sucata, Descomissionamento, Economia Circular, Reciclagem.

ABSTRACT: The steel sector plays a crucial role in the decarbonization of the industrial sector, due to the fact that steel is one of the most used materials and the energy-intensive processes normally existing in this type of industry, responsible for large amounts of greenhouse gas (GHG) emissions. The Circular Economy emerges as an alternative for this sector, especially from the point of view of the recycling strategy, through the use of scrap in steel production. Part of the scrap necessary for the decarbonization of the steel sector in Brazil can be obtained from decommissioning processes in the Oil and Gas (O&G) industry, even more so if it is considered that many Brazilian fields and platforms are at the end of their useful life and moving towards deactivation phases. In this context, the objective of this article is to quantify the potential for generating steel scrap and avoided emissions, in kg CO₂-Eq, from decommissioned submarine equipment in the O&G sector. To this end, the potential of decommissioned equipment in the O&G sector in Brazil was mapped, based on the search for data contained in the Installation Decommissioning Projects (PDIs) available on the National Petroleum Agency (ANP) website and the classification of equipment in rigid, flexible ducts, umbilicals and electrical cables. As a result, 6,253 tons of metal scrap with the potential to be reused and approximately 9,380 tons of CO₂.Eq were avoided. The article's main scientific contribution is first numbers, steps and a methodology to account for these emissions with a focus on the O&G sector, which is still little explored, especially in Brazil.

KEYWORDS: *Scrap, Decommissioning, Circular Economy, Recycling.*

1. INTRODUÇÃO

É indiscutível a importância da descarbonização do setor siderúrgico no processo de combate às Mudanças Climáticas. A descarbonização deste setor depende de mudanças substanciais nos processos de produção primária, e é prejudicada pela antiguidade das plantas industriais mundo afora, dificultando esse processo (VOGL; OLSSON; NYKVIST, 2021; AGORA INDUSTRY; WUPPERTAL INSTITUTE, 2023).

O setor siderúrgico tem, entretanto, grande potencial para se transformar em um setor com rápida resposta de abatimento nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e outros poluentes. A utilização de sucata metálica na indústria de ferro e aço é considerada um dos fatores-chave para essa transformação. A fabricação de metal a partir de sucata demanda até sete vezes menos energia do que o processo de fabricação primária e, atualmente, a maior adoção desse processo de fabricação é limitada pela disponibilidade de sucata metálica (AGORA INDUSTRY; WUPPERTAL INSTITUTE, 2023).

Nesse contexto, a utilização da sucata na produção de aço posiciona-se como uma das estratégias mais promissoras na mitigação das emissões de GEE, além de outras estratégias como o aumento da eficiência operacional da indústria, uso do hidrogênio para produção do aço verde e adoção da bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS, do inglês *bioenergy carbon capture and storage*) (AGORA INDUSTRY; WUPPERTAL INSTITUTE, 2023).

Parte da sucata necessária para a descarbonização do setor siderúrgico no Brasil pode ser obtida como resultado dos processos de descomissionamento da indústria de Óleo e Gás (O&G). Muitos dos campos e plataformas brasileiros encontram-se em final

de vida útil e caminhando para fases de desativação (ANP; FGV, 2021). No período de 2022 a 2027 a Petrobras pretende descomissionar, no Brasil, 26 plataformas, 360 poços marítimos e aproximadamente 2.500 km de *risers* e *flowlines*, gerando resíduos compostos principalmente por sucata metálica (PETROBRAS, 2022).

Este artigo tem como objetivo apresentar os benefícios ambientais gerados, em termos de emissões evitadas de GEE, expresso em kg CO₂-Eq., pela utilização da sucata proveniente de equipamentos submarinos descomissionados do setor de O&G na produção secundária de aço no Brasil. O artigo traz como contribuição científica primeiros passos e uma metodologia para se contabilizar essas emissões com foco no setor de O&G, que ainda é pouco explorado, principalmente no Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descomissionamento no setor de O&G no Brasil

O descomissionamento refere-se a série de processos envolvidos na desativação de uma instalação, incluindo a desconstrução ou o desmonte dos componentes dessa estrutura e o direcionamento desses componentes para reuso, reciclagem ou destinação final (FAM et al., 2018), e consiste hoje em uma das questões mais urgentes ligadas à indústria de O&G em termos de impactos sociais, ambientais e técnicos (SOMMER et al., 2019).

A indústria de O&G está presente ao redor do globo, contando com mais de 7,5 mil estruturas construídas para possibilitar o seu funcionamento (PAGE et al., 2006). No Brasil, estão presentes mais de 120 plataformas em produção *offshore* (ANP, 2018). Essa infraestrutura está envelhecendo no mundo (DOYLE et al., 2008) e, particularmente, no Brasil (ANP; FGV, 2021). Esse envelhecimento tem sido motivo para uma preocupação global com o fim de vida dessas estruturas e a iminência de uma grande quantidade de iniciativas de descomissionamento (FOWLER et al., 2014; MARTINS et al., 2020).

Embora, no Brasil, a grande maioria das instalações esteja em águas rasas, existem inúmeras problemáticas na hora de traçar a melhor estratégia, tendo em vista ser uma atividade inédita (FGV, 2021). Considerando, portanto, a complexidade e multidisciplinaridade do processo de descomissionamento, é importante destacar o contexto ambiental que, por um lado, pode apresentar *trade-offs* entre os impactos desde impactos locais e temporários até impactos globais e de longo prazo.

Por outro lado, apresenta potencial de geração de resíduos (materiais) que podem ser reciclados no contexto da Economia Circular e gerar benefícios ambientais para diversos setores industriais (SOUZA & ANGELO, 2021). Assim sendo, na indústria de O&G faz-se necessário incluir estratégias competitivas de modelos de negócios sustentáveis, que apoiem a transição energética e mitiguem os impactos ambientais da indústria de forma geral e especificamente sobre as mudanças climáticas (SILVESTRE; GIMENES; E SILVA NETO, 2017).

2.2 Uso da sucata na Economia Circular

A Economia Circular (EC) emerge como uma alternativa ao insustentável modelo econômico linear pautado na tríade extrair-produzir-descartar (em inglês, *take-make-waste*), tendo entre suas estratégias a reciclagem de resíduos proporcionando o fechamento de ciclos produtivos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

O modelo usual de criação de valor baseia-se, normalmente, em fluxos unidirecionais de atividades primárias (MISHRA et al., 2018) e a EC, através de fluxos reversos pela Logística Reversa, possibilita o retorno de materiais às cadeias de valor como matéria prima secundária, caracterizando a produção secundária de produtos. Um exemplo é a produção secundária de aço proveniente da sucata (resíduo de aço).

Como o aço é um material infinitamente reciclável e o mais reciclado do mundo, já está incorporado no *core-business* das indústrias siderúrgicas a utilização da sucata como matéria prima secundária, sendo as principais fontes os automóveis, fogões e geladeiras ao final de sua vida útil. Como o aumento da produção de aço secundário está condicionado à disponibilidade da sucata de aço no mercado (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021), a sucata de aço proveniente do descomissionamento de equipamentos do setor de O&G pode constituir uma importante fonte de oferta deste resíduo no país, contribuindo, portanto, para a redução das emissões de GEE da indústria siderúrgica no médio prazo no Brasil.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho divide-se em três etapas: (i) mapeamento do potencial de equipamentos descomissionados no Brasil; (ii) identificação do potencial de geração de sucata de aço proveniente desses equipamentos; e (iii) cálculo do potencial de emissões de GEE, expressas em kg de $\text{CO}_{2,\text{Eq}}$, da produção de aço secundário a partir da sucata do setor de O&G.

Para o mapeamento do potencial de equipamentos descomissionados do setor de O&G no Brasil, realizou-se busca de dados contidos nos Projetos de Descomissionamento de Instalações (PDIs) disponíveis no site da Agência Nacional de Petróleo (ANP). Os PDIs são documentos apresentados pela empresa responsável pelas atividades de exploração e produção de petróleo e gás e, portanto, pelas estruturas e equipamentos a serem descomissionadas. O documento deve apresentar informações, projetos e estudos necessários ao planejamento e à execução do descomissionamento (ANP, 2020). Após uma criteriosa análise dos PDIs foi produzido um inventário contendo informações relacionadas ao dimensionamento e a caracterização do material a ser descomissionado. O inventário dá o devido direcionamento a respeito da composição e funcionalidade de cada duto referenciado a sua operadora, contendo grandezas como: massa (t), extensão e diâmetro, propriedades físicas e químicas, entre outros.

Para a identificação do potencial de geração de sucata, foi realizada a classificação dos equipamentos em dutos rígidos, flexíveis, umbilicais e cabos elétricos. Utilizou-se a composição média de materiais de cada equipamento para cálculo da oferta de sucata.

Adotou-se a composição de 98% de aço e 2% de polímero para os dutos rígidos; 90% de aço e 10% de polímero para os dutos flexíveis; 78% de aço, 4% de cobre e 18% de polímero para os umbilicais eletro-hidráulicos; e 34% de aço, 21% de cobre e 45% de polímero para os cabos elétricos. Aplicando-se o percentual de aço nas massas de equipamentos, chegou-se no potencial de oferta de aço.

Por fim, para o cálculo das emissões evitadas de GEE aplicou-se a proporção “para cada 1 ton de sucata de aço reciclada, é evitada 1,5 ton de CO_{2,Eq}” (AÇOBRAZIL, 2021). Não foram considerados neste estudo as emissões de GEE provenientes da logística reversa, a ser realizada por modo rodoviário e/ou ferroviário. Também não foram considerados os impactos ambientais das operações de descomissionamento dos equipamentos, gerados pelo consumo de combustível fóssil das embarcações usadas nas operações de descomissionamento *offshore*.

4. RESULTADOS

Os PDIs consultados constam na Tabela 1.

Tabela 1 - PDIs consultados no levantamento de produção de sucata metálica

PDI	Operadora
CAMPO DE MACAU - BACIA POTIGUAR, Projeto de Descomissionamento da Plataforma Aratum 2 (PART2) e dos seus Sistemas Submarinos Associados	3R
FPSO Polvo	BW Offshore
FPSO Pioneiro de Libra (Campo de Mero)	Petrobras
Dutos Remanescentes dos Polos Pampo e Enchova	Petrobras
FPSO P-33	Petrobras
FPSO P-32(Campo de Viola)	Petrobras
ANP (CAMPO DE BEIJA-FLOR)	Petrobras
ANP (CAMPO DE DIAS DÁVILA)	Petrobras
ANP (CAMPO DE FAZENDA SORI)	Petrobras
ANP (Miranga Leste)	Petrobras
ANP (CAMPO DE RIO JOANES)	Petrobras
FPSO Capixaba	Petrobras
ANP (CAMPO DE RIO IBIRIBAS)	Petrobras
ANP (CAMPO DE CAMAÇARI)	Petrobras
ANP (FAZENDA GAMELEIRA)	Petrobras
ANP (PARAMIRIM DO VENCIMENTO)	Petrobras
Produção dos Campos de Marlim e Voador	Petrobras
Campos de Bijupirá (“BJSA”), Programa de Descomissionamento das Instalações de BJSA – Conceitual	Shell
Campos de Salema (“BJSA”), Programa de Descomissionamento das Instalações de BJSA – Conceitual	Shell

Fonte: Elaboração própria com base nos PDIs disponibilizados no portal da ANP (2023)

Os PDIs de Campos de Bijupirá e Campos de Salema, ambos submetidos pela operadora Shell, eram conceituais, enquanto os demais eram executivos. Essa diferença implica que, enquanto os demais precisam apresentar os estudos necessários ao planejamento e à execução do descomissionamento das instalações, os PDIs de Campos de Bijupirá e de Campos de Salema devem apresentar somente o escopo do planejamento do descomissionamento (ANP, 2020).

No que diz respeito a massa de sucata metálica, os PDIs de Campo de Beija-Flor, Campo de Dias Dávila, Campo de Fazenda Sori, Miranga Leste, Campo de Rio Joanes, Campo de Rio Iriribas, Campo de Camaçari, Fazenda Gameleira, Paramirim do Vencimento, Produção dos Campos de Marlim e Voador e Dutos Remanescentes dos Polos Pampo e Enchova encontravam-se incompletas.

No PDI do FPSO Capixaba, por sua vez, foi indicada uma predominância de dutos flexíveis, com presença de 48,3 km de umbilical. A massa total foi apresentada, entretanto, sem especificação da distribuição, impossibilitando a avaliação precisa de quanto dessa massa corresponde a sucata metálica, devido a diferença de composição média de dutos flexíveis e umbilicais.

Foi adotada, então, a composição referente a umbilicais para toda a massa designada no PDI, com o intuito de adotar uma premissa conservadora em relação ao volume de sucata de aço a ser obtido do processo de descomissionamento. A massa de cobre, a massa de aço e a massa metálica total conforme calculadas através dos PDIs podem ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 - Massa metálica calculada a partir dos PDIs

PDI	Massa de aço	Massa de cobre	Massa metálica total
CAMPO DE MACAU	172906,92	2690,31	175597,23
FPSO Polvo	525024	0	525024
FPSO Pioneiro de Libra (Campo de Mero)	1527356,4	180631,85	1707988,25
FPSO P-33	538200	0	538200
FPSO P-32(Campo de Viola)	420840	0	420840
FPSO Capixaba	18720	960	19680
Produção dos Campos de Marlim e Voador	Não explicitado	Não explicitado	79650
Campos de Bijupirá	1809912,6	5086,8	1814999,4
Campos de Salema	966774	4412	971186

Fonte: Elaboração própria

É importante ressaltar que no PDI da Produção dos Campos de Marlim e Voador constava a informação da massa metálica total resultante do processo de descomissionamento, mas não a massa de acordo com a classificação dos equipamentos. Assim, para esse caso não foi possível aplicar a mesma metodologia para cálculo dos

materiais e não foi possível identificar separadamente a massa total de aço e de cobre. A partir da Tabela 2 pode-se observar, entretanto, que as atividades de descomissionamento contempladas pelos PDIs gerarão, no mínimo, aproximadamente 5.979 toneladas de sucata de aço e 193 toneladas de sucata de cobre, chegando a aproximadamente 6.253 toneladas de sucata metálica.

Considerando-se que “para cada 1 ton de sucata de aço reciclada, é evitada 1,5 ton de CO_{2,Eq}” (AÇOBRASIL, 2021), a reciclagem da sucata resultante dos processos de descomissionamento resultará em emissões evitadas de aproximadamente 9.380 ton de CO_{2,Eq}. Ressalta-se ainda que, devido às premissas conservadoras adotadas frente às incertezas das informações apresentadas nos PDIs, estima-se que esse valor seja uma sub-representação das emissões evitadas, por ter sido calculado a partir de uma massa de sucata metálica que não representa a totalidade de material a ser gerado pelos processos de descomissionamento.

5. CONCLUSÕES

É indiscutível a importância da descarbonização do setor siderúrgico no processo de combate às Mudanças Climáticas. O potencial do setor de oferecer uma rápida resposta de abatimento nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e outros poluentes é diretamente afetado, entretanto, pela capacidade do setor de transformar seus processos produtivos. A utilização de sucata metálica na indústria de ferro e aço é considerada um dos fatores-chave para essa transformação.

Chegou-se a 6.253 toneladas de sucatas metálicas com potencial de serem reaproveitadas e aproximadamente 9.380 ton de CO_{2,Eq} evitadas provenientes de estruturas descomissionadas o setor de O&G, segundo PDIs disponíveis na ANP.

É importante ressaltar que a falta de padronização dos PDIs e a escassez de informações acerca dos resíduos resultantes dos processos de descomissionamento a serem realizados, de forma geral, representa um desafio para a avaliação precisa do potencial da sucata metálica proveniente desses processos. Entretanto, a reinserção dos resíduos metálicos provenientes do descomissionamento dos equipamentos de óleo e gás em processos industriais de produção de aço alinha-se às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e aos princípios da Economia Circular, ao mesmo tempo em que evita a emissão de GEE, contribuindo para a descarbonização de uma indústria classicamente caracterizada como de difícil abatimento de emissões.

Como próximos passos pretende-se aprimorar a metodologia empregada, avaliar outras fontes de informação além dos PDIs utilizados, como também a inclusão dos processos logísticos da cadeia reversa e a avaliação de outros impactos ambientais via a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

REFERÊNCIAS

AGORA INDUSTRY; WUPPERTAL INSTITUTE. **15 Insights on the Global Steel Transformation**. 2023. Disponível em: <<https://wupperinst.org/>>.

ANP. **Resolução ANP Nº817 de 24 de Abril de 2020**. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-817-2020-dispoe-sobre-o-descomissionamento-de-instalacoes-de-exploracao-e-de-producao-de-petr>>.

ANP; FGV. **Descomissionamento offshore no Brasil - Oportunidades desafios e soluções**. 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013.

FAM, M. L. et al. **A review of offshore decommissioning regulations in five countries - Strengths and weaknesses**. *Ocean Engineering* Elsevier Ltd, 15 jul. 2018.

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

INSTITUTO AÇO BRASIL. **A Indústria do Aço está e continuará colaborando para minimizar os impactos sobre a mudança do clima**. 2021.

MARTINS, I. D. et al. Dimensionality reduction for multi-criteria problems: An application to the decommissioning of oil and gas installations. *Expert Systems with Applications*, v. 148, 15 jun. 2020.

MISHRA, D. et al. **Big Data and supply chain management: a review and bibliometric analysis**. *Annals of Operations Research* Springer New York LLC, 1 nov. 2018.

PAGE, H. M. et al. **Oceanographic gradients and patterns in invertebrate assemblages on offshore oil platforms**. Disponível em: <<https://academic.oup.com/icesjms/article/65/6/851/600867>>.

PETROBRAS. **Relatório de Sustentabilidade**. 2022.

SILVESTRE, B. S.; GIMENES, F. A. P.; E SILVA NETO, R. A sustainability paradox? Sustainable operations in the offshore oil and gas industry: The case of Petrobras. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 360–370, 20 jan. 2017.

SOMMER, B. et al. **Decommissioning of offshore oil and gas structures – Environmental opportunities and challenges**. *Science of the Total Environment* Elsevier B.V., 25 mar. 2019.

SOUZA, D. P. ; ANGELO, ANA CAROLINA MAIA . Avaliação do Ciclo de Vida do Descomissionamento de Dutos Rígidos de Produção de Petróleo OffShore. **Congresso Brasileiro de Gestão do Ciclo de Vida**. 2021.

VOGL, V.; OLSSON, O.; NYKVIST, B. Phasing out the blast furnace to meet global climate targets. *Joule*, v. 5, n. 10, p. 2646–2662, 20 out. 2021.