



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MÁRIO ARTHUR BORGES DE ASSIS MOURA

COMPETITIVIDADE NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO
OFFSHORE BRASILEIRA



PEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI
SALVADOR
2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

MÁRIO ARTHUR BORGES DE ASSIS MOURA

**COMPETITIVIDADE NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO *OFFSHORE*
BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia (UFBA) como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores: Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes.
Prof. Dr. Ademar Nogueira do Nascimento.

Salvador
2022

M929 Moura, Mário Arthur Borges de Assis.
Competitividade na indústria de construção *offshore* brasileira /
Mário Arthur Borges de Assis Moura. – Salvador, 2022.
134 f.: il.

Orientadores: Prof. Dr. Ademar Nogueira do Nascimento.
Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola
Politécnica, 2022.

1. Plataforma – petróleo. 2. Indústria de construção offshore. 3.
Competitividade. 4. Estaleiro. 5. Indústria offshore de petróleo. I.
Nascimento, Ademar Nogueira do. II. Fontes, Cristiano Hora de
Oliveira. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 338.476 262

**“COMPETITIVIDADE NA INDUSTRIA DE CONSTRUÇÃO OFFSHORE
BRASILEIRA”.**

MARIO ARTHUR BORGES DE ASSIS MOURA

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. ANDRÉ LUÍS CONDINO FUJARRA

Doutor em Engenharia Naval e Oceânica, pela Universidade de São Paulo/USP, Brasil, 2002



Prof. Dr. DANIEL DE OLIVEIRA MOTA

Doutor em Engenharia Naval e Oceânica, Brasil, pela Universidade São Paulo/USP, 2016



Prof. Dr. ADEMAR NOGUEIRA DO NASCIMENTO

Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Campinas/ UNICAMP, BRASIL, 2006



Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes

Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Estadual Campinas/UNICAMP, BRASIL, 2001

Salvador, Ba - BRASIL

08/2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais e aos meus avós por terem me proporcionado a oportunidade de iniciar meus estudos ainda pequeno e terem me formado engenheiro. Sem o acesso à educação, não seria possível estar hoje atuando no segmento de construção *offshore*.

Gostaria de agradecer também todo o aprendizado adquirido através da “educação pelo trabalho” nas organizações em que tive oportunidade de trabalhar nos meus últimos 19 anos de formado. Em especial, agradeço ao grupo Novonor (antiga Odebrecht S.A.) pelos 17 anos trabalho, tempo em que pude conviver com excelentes profissionais, participando de grandes construções e desafios – a maioria delas no território baiano – que me proporcionaram o convívio e troca de experiência com diversas tecnologias nacionais e internacionais.

Agradeço também aos meus professores orientadores Cristiano Hora de Oliveira Fontes e Ademar Nogueira do Nascimento. Em especial, ao professor Ademar, que tive o prazer de conhecer em 2006 no canteiro de São Roque do Paraguaçu, a pessoa responsável por abrir as portas da respeitada Universidade Federal da Bahia (UFBA), o que acabou por me motivar no desafio do mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI). Não é fácil conciliar o trabalho e os estudos. Após dois anos e meio de estudos, sinto-me hoje um profissional muito mais qualificado e preparado para o mercado de trabalho graças ao aprendizado adquirido junto a todos os professores do PEI. Espero com todo esse conhecimento adquirido auxiliar na manutenção da indústria de construção *offshore* brasileira, em especial na Bahia, mantendo-a ativa e respeitada, contribuindo na geração de empregos, riqueza e desenvolvimento para toda a sociedade baiana e brasileira.

Por fim, agradeço à minha esposa e filhas, companheiras da minha vida e incentivadoras dos meus estudos e capacitação. Foi difícil deixar de lado alguns momentos juntos com a família frente à necessidade dos estudos, mas nada vem de graça. Sem sacrifícios não há recompensa!

*Sonhe grande, pois ter sonhos grandes dão o mesmo
trabalho dos sonhos pequenos.*

Jorge Paulo Lemann

RESUMO

As atividades de exploração de petróleo no pré-sal brasileiro encontram-se em franca expansão e vêm requerendo expressivos investimentos em construção de novas plataformas de produção *offshore* (FPSO), estimados em US\$90 bilhões. Essas estruturas oceânicas são extremamente complexas, de alto valor agregado e sua construção, em grande parte, vem sendo contratada em estaleiros asiáticos. A opção das construções no exterior revela indagações sobre a competitividade da indústria nacional e suas relações com as exigências de Conteúdo Local (CL) mínimo (25%) previsto em leis. Esta pesquisa baseou-se em consistente avaliação crítica do estado atual deste segmento no Brasil, aferindo sua competitividade frente aos concorrentes internacionais. Desenvolveu-se, para tanto, modelagem matemática de previsão de demanda por FPSO para o período de 10 anos (2021 a 2030), cujo resultado foi empregado na conversão da previsão de demanda das partes componentes da estrutura, seguido pela análise da indústria de construção *offshore* e definição de parâmetros de competitividade para atendimento das encomendas previstas, o que resultou em possível construção de 30 plataformas esperadas por esta metodologia no período indicado, de acordo com o atual estado da arte tecnológica. Foram também avaliados os impactos econômicos e a necessidade de recursos profissionais nos possíveis cenários de atividades *offshore* nos próximos 10 anos. Constata-se que a metodologia empregada nesta pesquisa permitiu gerar resultados impactantes contribuindo para romper o paradigma da impossibilidade da capacidade de construção *offshore* no Brasil em escala para atendimento às demandas nacionais atuais, como também avaliar os benefícios de continuidade competitiva dessa indústria para mercados futuros de energia alternativas e renováveis *offshore*.

Palavras-chaves: estaleiros; construção *offshore*; plataformas; competitividade.

ABSTRACT

Oil exploration activities in the Brazilian pre-salt are in full expansion and have required significant investments in the construction of new offshore production platforms (FPSO), estimated at US\$90 billion. These ocean structures are extremely complex, with high added value and their construction, in large part, has been contracted in Asian shipyards. The option of constructions abroad reveals questions about the competitiveness of the national industry and its relationship with the requirements of minimum local content (25%) established by law. This research was based on a consistent critical assessment of the current state of this segment in Brazil, assessing its competitiveness against international competitors. For this purpose, a mathematical modelling of demand forecast for FPSO was developed for the period of 10 years (2021 to 2030), whose result was used in the conversion of the demand forecast of the component parts of the structure, followed by the analysis of the construction industry offshore and definition of competitiveness parameters to meet the expected orders, which resulted in the possible construction of 30 platforms expected by this methodology in the indicated period, according to the current state of the technological art. The economic impacts and need for resources of workers in the possible scenarios of offshore activities in the next 10 years were also evaluated. It appears that the methodology used in this research allowed to generate impressive results, contributing to break the paradigm of the impossibility of offshore construction capacity in Brazil on a scale to meet current national demands, as well as to evaluate the benefits of competitive continuity of this industry for future markets of alternative and renewable energy offshore.

Key Words: shipyards; offshore construction; platforms; competitiveness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Layout</i> de uma plataforma de produção com sistema de captura de CO ₂	47
Figura 2 – Árvore do produto: construção de FPSO	49
Figura 3 – Árvore do produto da construção do casco	50
Figura 4 – Árvore do produto da construção do módulo	51
Figura 5 – Método construtivo dos FPSOs	52
Figura 6 – Estaleiro <i>offshore</i> da Cosco em Dalian/China com dois diques secos ...	56
Figura 7 – Estaleiro <i>offshore</i> da Hyundai em Jeonha/Coreia do Sul com três diques secos	57
Figura 8 – Estaleiro <i>offshore</i> da Keppel em Cingapura	57
Figura 9 – Estaleiro Feels em Cingapura, líder no setor de conversão de cascos ..	60
Figura 10 – Casco tipo <i>new building</i> Fast4Ward da SBM	61
Figura 11 – Comparação dos ciclos de construção de FPSOs conversões e casco novo	62
Figura 12 – Cronograma de construção de FPSOs em estaleiros asiáticos	64
Figura 13 – Fluxo de produção de um FPSO em estaleiros asiáticos	68
Figura 14 – Principais processos produtivos de construção de um FPSO na Ásia ..	71
Figura 15 – Fluxograma dos processos de engenharia	73
Figura 16 – Arranjo simplificado do sistema de financiamento e garantias do mercado asiático	75
Figura 17 – <i>Layout</i> estaleiro Atlântico Sul	78
Figura 18 – <i>Layout</i> estaleiro EcovixFonte: apresentação Petrobras (2015)	78
Figura 19 – <i>Layout</i> do estaleiro Enseada Indústria Naval	79
Figura 20 – <i>Layouts</i> do estaleiro Jurong	80
Figura 21 – <i>Layout</i> do estaleiro BrasFels	81
Figura 22 – <i>Layout</i> do estaleiro EBR	82
Figura 23 – Principais processos produtivos de construção de um FPSO no Brasil	85
Figura 24 – Cronograma de construção e montagem de cinco unidades FPSO seriadas ..	85

Figura 25 – Fluxograma tradicional para execução das atividades de engenharia nos estaleiros brasileiros	88
Figura 26 – Arranjo de financiamento dos projetos <i>offshore</i> no Brasil	93
Figura 27 – Fluxograma do processo de descomissionamento de plataformas <i>offshore</i> ...	115

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Demanda por FPSO em função da produção de petróleo na camada pré-sal43
Gráfico 2 – Curva de aprendizagem por unidade86
Gráfico 3 – Comparação do custo unitário de produção X Custo salarial98
Gráfico 4 – Comparação de custo Ásia x Brasil por classe de custo99
Gráfico 5 – Comparação de custo Ásia x Brasil por categoria de custo99
Gráfico 6 – Comparação de faturamento e impacto fiscal para cenários de conteúdo local110
Gráfico 7 – Número de profissionais na construção de FPSOs para os próximos anos111
Gráfico 8 – Faturamento de descomissionamento de FPSOs X Construções novas117
Gráfico 9 – Meses requeridos X Meses disponíveis de dique próxima década119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro resumo do procedimento metodológico	33
Quadro 2 – Produção de petróleo e correspondente demanda por plataformas	41
Quadro 3 – Eventos causais e impactos sobre as demandas previstas	45
Quadro 4 – Líderes do segmento de construção <i>offshore</i> tipo FPSO retilíneo	54
Quadro 5 – Infraestrutura de importantes estaleiros asiáticos de construção <i>offshore</i>	55
Quadro 6 – Comparação entre metodologia de cascos novos X cascos convertidos	61
Quadro 7 – Estimativa de estrutura de custo nos estaleiros asiáticos	66
Quadro 8 – Tempos de processo X Ritmo (t/mês) X Automatização X HH ¹ /t	70
Quadro 9 – Infraestrutura de estaleiros brasileiros de construção <i>offshore</i>	76
Quadro 10 – Proposta de construção de FPSOs em estaleiros brasileiros	83
Quadro 11 – Tempos de processo X Ritmo (t/mês) X Automatização X HH/t	84
Quadro 12 – Distância dos estaleiros brasileiros até às siderúrgicas	89
Quadro 13 – Custo de construção de um FPSO no Brasil	90
Quadro 14 – Cronograma resumo estaleiros asiáticos X estaleiros brasileiros	95
Quadro 15 – Comparação entre tempos de processo, nível e automatização estaleiros	95
Quadro 16 – Comparação de indicadores econômicos de competitividade entre construtores brasileiros e asiáticos	96
Quadro 17 – Resumo da competitividade da indústria brasileira	101
Quadro 18 – Cronograma de construção e montagem de FPSOs completos (casco, módulos e integração) com dique seco	104
Quadro 19 – Cronograma de construção e montagem (apenas módulos e integração) sem dique seco	105
Quadro 20 – Demanda X Capacidade instalada estaleiros brasileiros X Conteúdo local atual (25%)	106
Quadro 21 – Demanda X Capacidade instalada estaleiros brasileiros X Conteúdo local intermediário (40%)	107
Quadro 22 – Estimativas de faturamento em função do conteúdo local e do impacto fiscal	108

Quadro 23 – Receita estimada para sucateamento de um FPSO	116
Quadro 24 – Estimativa de receita para os próximos dez anos do mercado de descomissionamento	116
Quadro 25 – Estaleiros brasileiros com infraestruturas para descomissionamento	118
Quadro 26 – Utilização de diques para descomissionamento	120

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Proposta de equação linear de estimativa de demanda	36
Equação 2 – Proposta de equação de curva de aprendizado para construção de plataformas <i>offshore</i>	39
Equação 3 – Equação linear de estimativa de demanda	42
Equação 4 – Equação de curva de aprendizado	86

LISTA DE SIGLAS

ABENAV	Associação Brasileira das Empresas de Construção Naval e Offshore
ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ACV	Análise de Ciclo de Vida
Afretadores	Donos dos ativos/plataformas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CL	Conteúdo Local
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EAS	Estaleiro Atlântico Sul de Pernambuco
EFVM	Estrada de Ferro Vitoria a Minas
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCA	Ferrovia Centro-Atlântica
FLNG	Floating Liquefied Natural Gas
FMM	Fundo de Marinha Mercante
FPSO	Floating, Production, Storage and Offloading
GWEC	Global Wind Energy Council
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo Gás
IMO	International Maritime Organization
IOC	International Oil Company
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRENA	International Renewable Energy Agency
MME	Ministério de Minas e Energia
MRP	Material Requirements Planning
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCP	Programação e Controle de Produção
PDE	Plano Decenal de Energia
PDI	Programa de Descomissionamento de Instalações
PIB	Produto Interno Bruto
SINAVAL	Sindicato Nacional da Indústria da Construção e

TLP

VLCC

Reparação Naval e *Offshore*

Tension Leg Platform

Very Large Crude oil Carrier

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICATIVA	21
1.3 OBJETIVOS	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 DEMANDAS DE CONSTRUÇÃO DE FPSOS PARA OS PRÓXIMOS ANOS	23
2.2 CONSTRUÇÕES <i>OFFSHORE</i> NOS ESTALEIROS	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
3.1 DEMANDA POR PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO TIPO FPSO	35
3.2 ESTADO DA ARTE DE CONSTRUÇÃO <i>OFFSHORE</i> E AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE INDÚSTRIA LOCAL	37
3.3 PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA ATENDIMENTO À DEMANDA DE NOVOS FPSOS PELOS ESTALEIROS BRASILEIROS	38
3.4 PESQUISA DE MERCADOS ALTERNATIVOS PARA ESTALEIROS BRASILEIROS (CASO DE DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i>)	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 DEMANDA DE PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO	41
4.1.1 Estimativa de demanda de FPSOs para próxima década	41
4.1.2 Estimativa de insumos e árvore do produto dos FPSOs	48
4.2 COMPETITIVIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i>	52
4.2.1 Estado da arte da construção <i>offshore</i> asiática	55
4.2.1.1 <i>Infraestruturas dos estaleiros asiáticos</i>	55
4.2.1.2 <i>Detalhamento da produção dos estaleiros asiáticos</i>	58
4.2.2 Análise crítica da indústria de construção <i>offshore</i> brasileira	75
4.2.2.1 <i>Infraestruturas dos estaleiros brasileiros</i>	75
4.2.2.2 <i>Detalhamento da produção dos estaleiros brasileiros</i>	82
4.2.3 Indústria de construção <i>offshore</i> asiática X brasileira	94

4.2.4 Resumo da competitividade da industrial brasileira	100
4.3 CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DOS ESTALEIROS BRASILEIROS X DEMANDA ATUAL DE FPSOS	103
4.4 MERCADOS DE DESCOMISSOAMENTO DE PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i>	112
5 CONCLUSÕES	121
REFERÊNCIAS	125
GLOSSÁRIO DE TERMOS NA LÍNGUA INGLESA	129
APÊNDICE A – Cronograma detalhado de construção de FPSOs na Ásia	131
APÊNDICE B – Cronograma detalhado de construção de FPSOs no Brasil	132
APÊNDICE C – Processo de construção e montagem de um FPSO de estaleiros asiáticos	133
APÊNDICE D – Processo de construção e montagem de um FPSO de estaleiros brasileiros	134

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2019), o Brasil encontra-se atualmente na 15ª posição do *ranking* mundial das reservas de petróleo. Dos 1,7 trilhão de barris de reservas comprovadas no contexto mundial em 2018, o total de 13,4 bilhões de barris estão no território brasileiro (aproximadamente 0,8%). Ao contrário de países produtores membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) que se mantiveram praticamente estáveis, o Brasil registrou aumento de suas reservas em torno de 5%, saindo de 12,7 bilhões de barris no ano 2017 para 13,4 bilhões de barris de reserva no ano 2018 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2019).

Com relação à produção, por sua vez, a taxa média situa-se em torno de 2,6 milhões de barris/dia com base no ano de 2018. Entretanto, a meta estabelecida pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para o ano de 2030, conforme informa a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), é de 5,6 milhões de barris/dia. Ainda segundo a EPE (2019), para que seja possível alcançar essa produção, investimentos de R\$ 1,65 trilhão serão necessários no setor de exploração e produção. Destes, a maioria está relacionada às infraestruturas e novas construções de bases físicas de produção *offshore* (plataformas). Estima-se a necessidade de 60 unidades de plataformas para atendimento às demandas da produção brasileira até o ano de 2030 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2018). Devido às características oceânicas de ocorrência do petróleo nos depósitos marinhos nas reservas do pré-sal brasileiro, as plataformas de produção deverão ser projetadas para operação em águas profundas, sendo classificadas como *Floating, Production, Storage and Offloading* (FPSO).

Deve-se observar que, além do esperado crescimento das oportunidades de construção *offshore* no Brasil, o mercado de construção naval atendido pelos estaleiros é também relevante e estratégico, visto que o modal aquaviário de transporte movimentava cerca de 90% de toda carga mundial (KUBOTA, 2013). Ainda de acordo com Kubota (2013), a entrada e permanência de possíveis novos empreendimentos é dificultada pela presença consolidada de competitivos *players*

internacionais, principalmente aqueles localizados na Ásia, a exemplo de países como Coreia do Sul, Japão e China.

Os resultados deste trabalho indicam que a demanda esperada para os próximos dez anos são de 42 unidades de FPSOs, inferior às estimativas iniciais da ANP de 60 unidades. A construção dessas 42 unidades irá demandar aproximadamente 3,4 milhões de toneladas de insumos, o que poderiam gerar a geração de mais de 40 mil empregos diretos com uma arrecadação de até 7,57 bilhões de dólares. Entretanto, o Brasil dispõe apenas de seis estaleiros com infraestrutura equivalentes às referências asiáticas, sendo capaz de, nos próximos dez anos, atender à demanda por 14 plataformas (FPSOs) completas (casco, módulos e integração) e mais 16 projetos de forma parcial com a construção de módulos (estruturas industriais compactas para o processamento de óleo e gás) e integração (operações para fixar os módulos aos cascos navais), ainda que atendendo-se às exigências de Conteúdo Local (CL) mínimo de 25%, estabelecido pela ANP em alguns projetos *offshore* (CONTEÚDO..., 2021). Revela-se ainda que a infraestrutura dos principais estaleiros brasileiros, diferentemente dos asiáticos, dispõe de apenas um dique-seco por encomenda de plataforma. Outro resultado impactante diz respeito aos maiores custos com remuneração de pessoal dos estaleiros brasileiros quando comparados aos equivalentes estaleiros da Ásia, a exemplo de China e Cingapura. Este trabalho revela ainda que, em relação à estrutura societária e financeira dos estaleiros, o modelo brasileiro é integralmente privado, portanto, diferente dos seus competidores asiáticos, que em sua maioria são compostos por grupos privados e empresas estatais, a exemplo de bancos de fomento, o que provavelmente deve assegurar maior solidez financeira.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Branquinho, Salomão e Duarte (2012), a indústria *offshore* brasileira começou a ser revitalizada a partir do ano de 2008. Fomentados pelas políticas de alto CL de 2005, uma série de estaleiros foram modernizados, a exemplo do estaleiro BrasFeels, em Angra dos Reis (RJ), e novas plantas foram construídas, como os estaleiros Atlântico Sul, em Pernambuco (PE); Ecovix em Rio Grande (RS); Jurong, em Aracruz (ES); e Enseada do Paraguaçu, em Maragogipe (BA). O aporte financeiro disponibilizado pelo Fundo de Marinha Mercante (FMM) teve participação

essencial nesse processo de modernização e financiou aproximadamente US\$ 6,22 bilhões em infraestruturas industriais entre os anos de 2005 e 2012.

A partir do ano de 2015, entretanto, após a crise econômica instalada na Petrobras, ocorreram uma série de discussões a respeito das mudanças das políticas industriais do setor de óleo e gás. Como consequência e sob o argumento de aumentar a competitividade do setor, o CL da indústria de construção *offshore* foi reduzido de 70% para atuais 25% (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2018).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e *Offshore* (Sinaval) (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018), as consequências das reduções do CL – termo utilizado para definição dos serviços e produtos que precisam obrigatoriamente serem alocados no país – foram o esvaziamento das encomendas pelos estaleiros nacionais, sendo que a maioria das construções passaram a ser realizadas em alguns países da Ásia (mercado líder). Na China, por exemplo, encontram-se sete unidades de FPSO sendo construídas, enquanto no Brasil existem apenas poucas unidades em construção (módulos), em atendimento ao CL mínimo, o que faz com que muitos estaleiros brasileiros se encontrem estejam inferiores à sua capacidade operacional, implicando impactantes consequências negativas para a economia nacional, colocando em dúvidas a capacidade produtiva e competitividade desse segmento no Brasil.

O presente trabalho, portanto, ao estabelecer sustentável metodologia, gera satisfatórios resultados que desmitificam a pretensa não competitividade da indústria *offshore* nacional particularmente para a construção *offshore* de FPSOs pelo menos nos próximos dez anos. Nesse sentido, o trabalho desenvolve uma avaliação técnica quanto ao estado atual de competitividade da indústria local e sua capacidade de atendimento às demandas por plataformas *offshore* do Brasil, gerando cronograma construtivo para o tempo estabelecido (dez anos). Mais especificamente, foram avaliadas a tecnologia e a capacidade instalada dos estaleiros nacionais, comparando-se o estado da arte tecnológica dessa indústria em relação aos construtores líderes internacionais – localizados no continente asiático –, considerando-se as exigências de atendimento ao CL mínimo. Fora analisado também os impactos econômicos e a necessidade de profissionais para o atendimento desse CL.

1.2 JUSTIFICATIVA

As discussões referentes às demandas do setor de óleo e gás e a obrigatoriedade de construção das plataformas *offshore* no Brasil estão relacionadas ao CL mínimo obrigatório que é arbitrado pelo MME. Do ponto de vista da indústria dos estaleiros, as suas infraestruturas foram modernizadas e estão prontas para entendimento de parte da demanda. Do ponto de vista das International Oil Companies (IOC), a indústria brasileira não se encontra apta (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2018).

Segundo Pinhão e demais autores (2019), dos seis grandes estaleiros de construção *offshore* instalados no Brasil, três unidades (EAS, Enseada e Ecovix) estão sem grandes encomendas, e os outros três (Jurong, BrasFels e EBR) estão com baixo índice de ocupação de suas instalações. Ainda segundo os mesmos autores, a indústria asiática é muito relevante para o setor de construção naval e *offshore*, concentrando aproximadamente 67% das construções de FPSOs já executadas (2019 WORLDWIDE..., 2019).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Construção Naval e Offshore (ABENAV) (2014), a expansão da produção de petróleo no pré-sal dobrará para 20% a participação da indústria de petróleo e gás no Produto Interno Bruto (PIB), e poderia levar a indústria naval e *offshore* brasileira a faturar em torno de US\$ 17 bilhões por ano no período, caso um CL adequado de 40% fosse adotado.

Considerando a situação atual da alta taxa de desemprego no Brasil, faz-se necessário uma discussão mais apurada das razões de baixa ocupação dos estaleiros brasileiros contraditoriamente no pico do desenvolvimento e exploração das atividades de petróleo na camada de pré-sal brasileira, indústria que já empregou mais de 79 mil pessoas de forma direta no início da década anterior (ALONSO, 2015). Especificamente na Bahia, tal setor já empregou mais de 7 mil pessoas (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018).

Analisando-se os resultados contidos nas publicações científicas pesquisadas, constatou-se relevante incerteza quanto ao atendimento à estimativa de demanda por FPSO para os próximos dez anos *versus* a correspondente capacidade produtiva brasileira para essas plataformas. Nesse sentido, a presente pesquisa, resultante

nesta dissertação, contribui com metodologia que avalia por estimativa de parâmetros lineares (modelagem matemática) novos quantitativos de previsão de demanda, a partir dos quais foi possível estabelecer cronograma executivo de construção de plataformas e suas positivas consequências para a economia brasileira.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é realizar avaliação técnica do segmento de construção *offshore* brasileiro, especialmente de plataformas tipo FPSO retilíneas, especificamente:

- I. Desenvolver modelo matemático para estimar as demandas de plataformas FPSOs e seus respectivos insumos (materiais e equipamentos) para os próximos dez anos;
- II. Analisar e avaliar o estado da arte da construção *offshore* asiático (líder do setor) como benchmarking para os estaleiros brasileiros, no intuito de aferir o *status* atual da competitividade nacional;
- III. Avaliar a capacidade de atendimento da indústria nacional com base na previsão de demanda para os próximos dez anos, condicionado às exigências legais de atendimento ao CL mínimo;
- IV. Estabelecer cronograma de construção e montagem de FPSOs completos – casco, módulos e integração –, com e sem o uso das infraestruturas de diques secos, de acordo com a previsão de demanda modelada;
- V. Avaliar os impactos fiscais e recursos de profissionais necessários na construção *offshore* frente aos possíveis cenários futuros de CL;
- VI. Analisar competitividade da indústria local para atendimento de mercado alternativo de descomissionamento *offshore*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As fundamentações teóricas utilizadas durante a pesquisa foram separadas em duas subseções: “Demandas de construção de FPSOs para os próximos anos” e “Construções offshore em estaleiros”, abordadas a seguir.

2.1 DEMANDAS DE CONSTRUÇÃO DE FPSOS PARA OS PRÓXIMOS ANOS

As estimativas de demandas para construções de FPSOs no Brasil estão diretamente relacionadas ao plano de produção e exploração de petróleo brasileiro. A EPE, que é uma empresa estatal vinculada ao MME, divulga anualmente, através do Plano Decenal de Energia (PDE), as metas decenais previstas de produção para o setor de energia do Brasil, que inclui as atividades do setor de óleo e gás. As estimativas geradas pelo PDE para o setor de óleo e gás têm como base as previsões de crescimento do PIB definidas pelo Ministério da Economia e o comportamento da matriz energética brasileira para os próximos anos.

Na última edição do PDE em 2021, foi estabelecido a estimativa de produção de 5,5 milhões de barris/dia para o ano de 2030, frente aos atuais 3,3 milhões de barris/dia, que correspondem às necessidades de um crescimento do PIB em 2,9% ao ano no período (BRASIL, 2021).

Ainda segundo o PDE de 2021, os derivados de petróleo possuem forte incidência na matriz energética para os próximos dez anos. As projeções indicam que os atuais 38,9% da cadeia terão apenas uma leve queda em 2030 para um percentual de 35,9%, ocasionados pela introdução de novas fontes alternativas de energia como eólica e gás natural, mas não impactando as fortes demandas projetadas para o setor.

Atualmente, a nomenclatura de plataformas do tipo FPSO, que possui referência às letras “F” para *Floating* (Flutuação), “P” para *Production* (Produção), “S” para *Storage* (Estocagem) e “O” para *Offloading* (Descarregamento), vem sendo associada a plataformas de casco retilíneo similares a formas tradicionais navais. Entretanto, essa mesma nomenclatura também poderia ser aplicável a outras formas de plataformas que possam vir atender às mesmas finalidades operacionais, como são os casos de algumas unidades conhecidas como: monocoluna, *Spars*, *Tension Leg Platforms* (TLPs) e semissubmersíveis que possuam capacidades de produção e

estocagem de petróleo. Estas últimas, plataformas com bases submarinas de produção do tipo TLP e semissubmersíveis, vêm sendo bastante utilizadas pelas empresas petroleiras na região do Golfo do México, devido às suas vantagens de forma constante, não demandando o reposicionamento da unidade para as incidências de ondas durante sua operação. No Brasil especificamente, destacam-se as construções das plataformas semissubmersíveis P-51, P-52, P-55 e P-56 no estaleiro BrasFeels, no Rio de Janeiro e em Rio Grande no Rio Grande do Sul, entre 2005 e 2014 (ALONSO, 2015), realizadas nas décadas passadas.

Estudos recentes indicam que as necessidades de plataformas *offshore* para os próximos dez anos no mercado brasileiro variam de 60 unidades de FPSO (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2018) a 45 unidades (BRASIL, 2016). As variações das previsões do número de unidades estão atreladas principalmente à imprecisão do fator de produtividade dos poços que podem variar bastante.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2014), as construções *offshore* e navais tradicionais possuem ciclos de demandas mercadológicas diferentes. As demandas de construção de navios, além do limitado mercado interno, estão significativamente relacionadas ao aumento das atividades econômicas em escala mundial, mais especificamente ao aumento das atividades de comércio internacional. Quando a economia mundial está em fase crescente, o número de movimentações marítimas aumenta, a demanda por novos navios aumenta e, conseqüentemente, o preço do frete também aumenta. Particularmente, a indústria *offshore* está relacionada ao preço do barril do petróleo e suas demandas futuras (preços futuros). Sempre que há tendência de aumento do preço do petróleo, a indústria *offshore* e sua construção são mais demandadas.

A indústria de construção *offshore* é muito estratégica para os países asiáticos como Cingapura, China e Coreia do Sul, pois emprega milhões de pessoas e tem valor agregado altíssimo, conforme destaca Keh-Sik (2005), quando apenas o estaleiro coreano Hyundai faturou em único ano mais de US\$ 14,5 bilhões. Atualmente, as unidades do tipo FPSO são construídas a um valor médio de US\$ 1,0 bilhões (MCCAUL, 2021). O plano de investimento do governo brasileiro para a próxima década tem chamado muito atenção dos grandes conglomerados asiáticos, que, além de serem líderes do setor, possuem forte estrutura financeira com a participação de bancos nacionais de fomento em suas estruturas societárias.

Identificou-se durante a pesquisa de engenharia *offshore* forte desenvolvimento tecnológico de construção de plataformas de produção de gás natural – *Floating Liquefied Natural Gas* (FLNG) – pelos estaleiros coreanos, como mercado emergente nos próximos anos, visto que a demanda por comercialização desse tipo de combustível está crescendo entre os países que estão à procura de fontes de energia menos poluentes – gás natural gera menos emissão de CO₂ se comparado ao petróleo – e também devido à necessidade geopolítica de menos dependência do fornecimento de gás russo pelos países europeus (KHAKZAD; RENIERS, 2018).

Os registros indicam que dois projetos de FLNGs já foram executados e mais três estão em execução, todos pelos estaleiros coreanos no valor aproximado de 5 bilhões de dólares cada unidade. O plano de negócios da Petrobras para a próxima década prevê a execução de uma unidade em águas brasileiras.

Identificou-se também uma atuação muito forte dos estaleiros europeus que estavam ociosos (THOLEN, 2015), na construção e montagem de parques eólicos *offshore* que vem crescendo fortemente na Europa e Áas (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018). As tecnologias de águas rasas e profundas foram estudadas por Tjiu e demais autores (2015), com a avaliação de seus benefícios e custos de instalação.

Alguns mercados *offshore* alternativos estão sendo avaliados como atividades que possam vir a integrar o portfólio dos estaleiros brasileiros. As atividades de descomissionamento de plataformas como nicho de mercado compensatório para a ociosidade dos estaleiros brasileiros vêm sendo amplamente discutidas (VIANNA; SENNA, 2020). Questões sobre o real benefício desse tipo de atividade, os impactos ambientais e infraestruturas dos estaleiros necessários para essas atividades foram identificados por Ocampo e Pereira (2019). Alguns pesquisadores defendem a manutenção das plataformas atuais como menos impactante do que sua remoção, como é o caso das plataformas na costa americana (MEYER-GUTBROD et al., 2020).

Segundo o Programa de Descomissionamento de Instalações (PDI), divulgado pela ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020), existem hoje aproximadamente 77 plataformas *offshore* com tempo acima de 25 anos de operação, com seu ciclo de vida em fase terminal. Dessas 77 unidades, 18 encontram-se com suas operações finalizadas e precisam ser descomissionadas no território brasileiro nos próximos quatro anos, sendo 12 unidades do tipo flutuante (águas profundas) e seis unidades fixas (água rasas). Ainda

segundo a ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020), para essas atividades será necessário um investimento inicial de 6 bilhões de dólares em atividades de serviços, com perspectivas de aumento significativo para os demais anos.

Apesar de bem usual em outros países como Estados Unidos (campos do Golfo do México) e Reino Unido (campos do Mar do Norte), as atividades de descomissionamento no Brasil ainda não possuem uma regulamentação adequada e bem definida, o que traz um impasse jurídico ambiental para o setor (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 2017).

Ainda de acordo com o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) as atividades em águas rasas já possuem regimes internacionais de regulação e deverão servir de base para a regulamentação do setor no Brasil. Por outro lado, as atividades em águas profundas, que são bem intensas no Brasil, não possuem tais referências. Os impactos socioambientais ainda não foram estudados e mapeados, tornando o debate mais complexo (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 2017).

2.2 CONSTRUÇÕES *OFFSHORE* NOS ESTALEIROS

A revista especializada, *Offshore Magazine* (2019 WORLDWIDE..., 2019), anualmente disponibiliza uma base de dados atrelados a um mapa das construções *offshore* correntes ao redor do mundo com a indicação das informações principais do setor, sendo: campo da plataforma a ser explorado; proprietário do ativo plataforma (no caso as IOC); operador (também denominado como afretador); local e responsável da construção do casco, módulos e integração; bem como os tempos previstos e realizados das atividades. Com base nos dados disponibilizados de 2019, ficou fortemente evidenciado a liderança dos estaleiros asiáticos no setor de construção *offshore* com aproximadamente 67% do *market share*, frente as 225 unidades de FPSO presentes no mundo. Adicionalmente, evidenciou-se o mercado brasileiro do pré-sal como grande demandante de plataformas do tipo FPSO com 59 unidades em operação e mais de sete unidades em construção no ano de 2020. Nesse referido mapa de projetos, estão destacadas apenas as construções de FPSOs retilíneos. As plataformas do tipo monocoluna e semissubmersíveis não estão contabilizadas. Identificou-se, ainda, ausência de encomendas desses tipos de plataformas para os próximos anos em águas brasileiras.

Segundo o IPEA (2014), os grandes *players* mundiais asiáticos possuem em sua composição acionária bancos de fomento que garantem sua higidez financeira, principalmente para emissão de garantias e robustez para manutenção dos estaleiros em ciclo de baixa demandas de mercado.

Os estaleiros asiáticos são atualmente os líderes no setor de construção *offshore*. Sua liderança foi conquistada através de uma forte política de investimento no setor. Entre os países asiáticos líderes do setor destacam-se China, Coreia do Sul e Cingapura. Segundo Parsiak, Zhukova e Parsiak (2019), a competição entre eles, vem gerando uma corrida tecnológica no desenvolvimento das ferramentas e técnicas construtivas.

A construção *offshore* de Cingapura, um dos principais líderes do mundo, é especializada nas atividades de conversões de cascos, construção de módulos e integração. Estima-se que aproximadamente 96 projetos de construção de FPSOs tenham sido executados nesse país e na vizinha Malásia (RAHMAN; MOHD ZAKI; ABU HUSAIN, 2019), que serve de suporte aos grandes estaleiros Keppel, Feels e Jurong. Estes, por sua vez, possuem expressiva representatividade no setor, impulsionados pelas suas empresas *holding* como SemBcorp Marine que revelam destacada política de investimento de capital na indústria *offshore* (verticalização do processo). Nesse sentido, a própria *holding* participa no *equity* do ativo final de FPSOs desde que a construção seja feita em seus estaleiros (IPEA, 2014). Como destaca Rahman, Mohd Zaki e Abu Husain (2019), as atividades desenvolvidas em Cingapura estão fortemente concentradas nas otimizações de recursos e planejamento da produção, com a utilização de ferramentas de controle de produtividade e constante busca de processos que garantam o mínimo possível de consumo de homem hora por tonelada de construção produzida (HH/t). Segundo o mesmo autor, as construções *offshore* possuem um valor médio de 205 HH/t produzida no país para as atividades de *outfittings*.

A China, provavelmente devido à sua significativa disponibilidade de trabalhadores e forte incentivo do governo, tem focado mais nas atividades de construção de cascos, tanto de conversão quanto *new building*. Estima-se que em torno de 27 unidades de cascos convertidos e 25 cascos do tipo *new building* tenham sido construídos nos estaleiros chineses entre os anos 2000 e 2019. A forte similaridade das atividades de conversão com reparos navais e as atividades de *new buildings* com construção de cascos convencionais proporcionam uma dinâmica de

construção em grande escala para a indústria naval-*offshore* chinesa. Grandes corporações, boa parte delas tendo o governo como próprio acionista, como Cosco, Dalian, CNOOC e Zhonghua, destacam-se como financiadores dos grandes projetos dos seus próprios estaleiros (IPEA, 2014).

A Coreia do Sul, devido às suas instalações fabris de última geração e extremamente robustas, atreladas ao alto nível de instrução de seus operários, é um forte *player* na construção de FPSOs (KEH-SIK, 2005). Na ordem de 22 unidades de cascos convertidos e 16 cascos do tipo *new building* foram feitos nos estaleiros coreanos nas últimas décadas. A forte similaridade das atividades *offshore* com outros tipos de construção de alto valor agregado revela diferenciada dinâmica da indústria coreana indicando especialização em construções de relevante complexidade. Grandes corporações, como Samsung, Daewoo e Hyundai, destacam-se entre as patrocinadoras dos projetos em seus estaleiros, que igualmente aos construtores da China, possuem o próprio governo como patrocinador. Dado o alto valor agregado e empregabilidade das construções *offshore*, o segmento é visto como estratégico por esses países, pois, além de grande geração econômica, garante aos países posição tecnológica bem relevante na industrial em geral, como destaca Kubota (2013) estimando o faturamento da indústria coreana em torno de US\$ 32,3 bilhões anuais.

Uma série de discussões têm sido realizadas sobre as questões atreladas as conversões dos cascos de FPSOs, no que diz respeito à sua vantagem e desvantagem frente às construções de casco novos (*new buldings*). O artigo publicado pela White e Case (2021) ilustra algumas vantagens: custo mais baixo (em torno de 20%) e tempo mais curto para finalização do projeto em torno de 22 semanas se comparado ao casco novo (2019 WORLDWIDE..., 2019). Entre as desvantagens: maior impacto ambiental – geração de sucatas e resíduos –, mais exposição dos trabalhadores ao risco – trabalho em ambiente confinado –, limitação para plantas dos *top sides* com no máximo 30 mil toneladas e possibilidades maiores de variações do preço da conversão. Este último é bem impactante e usual nas atividades de conversão, pois a real situação do casco só é conhecida após as atividades finais de inspeções que ocorrem quando o projeto já está em andamento.

Segundo a revista especializada *Offshore Energy* (KEPPEL, 2020), o valor atual de mercado para a conversão de um casco é na ordem de US\$ 100 milhões. Esse valor não inclui a compra do casco tipo *Very Large Crude oil Carrier* (VLCC) que

pode variar entre US\$ 30 a 50 milhões, segundo o *site* da *Clarkson Shipping* para cascos de dez anos de idade, dependendo das suas condições.

Além das questões atreladas aos processos construtivos, custo ambiental, os líderes do setor de construção *offshore* têm investido fortemente no desenvolvimento de produtos inovadores que possam trazer maior valor agregado ao produto final, sendo na redução do preço do produto como no tempo de sua construção, como é o caso do Noah-FPSO Hull (TANAKA; TAKANO, 2017), considerado o estado da arte de projeto de cascos de FPSO. Esse tipo de produto possui custo bem competitivo na ordem de US\$ 250 milhões e possui um tempo de produção de 12 a 20 meses nos maiores estaleiros mundiais. Outros aspectos bem peculiares desse tipo de casco são: i) dimensionados para terem poucas formas curvas (maior facilidade de construção); ii) menor relação entre comprimento e largura para permitir maior estabilidade do conjunto; iii) atender a diversos tipos de plantas de processo do tipo *top sides* possibilitando sua construção de forma seriada e até mesmo ser estocado para utilização futura.

De acordo com a *Offshore Magazine* (2019 WORLDWIDE..., 2019), os últimos projetos de construção *offshore* envolvendo caso novo estão sendo construídos considerando 48 meses de tempo total de construção, que inclui desde a assinatura do contrato até a exploração do primeiro óleo. Esse parece ser um *benchmarking* para o setor a partir de agora. Outros projetos no *pipeline* possuem a mesma duração prevista.

Destaca-se também que os custos de construção de FPSOs possuem estruturas bem similares, sendo basicamente divididos em: materiais básicos de 10% a 15%, equipamentos entre 45% e 55% e construção variando de 30% a 40%. (IPEA 2014; OFFSHORE..., 2012).

Os processos de fabricação das estruturas de cascos novos *offshore* seguem uma metodologia bem similar aos cascos de navios. O investimento em linhas de produção de painéis navais automatizados, segundo Kolich, Storch e Fafandjel (2017), proporciona uma redução em até 60% do consumo de Homem Hora (HH) nos estaleiros de construção *offshore* e naval. Essa tecnologia tem sido observada nos estaleiros asiáticos de ponta, consolidando como padrão para o setor de competitividade.

Investimentos significativos têm sido realizados no desenvolvimento de ferramentas virtuais de simulação da construção de produtos *offshore*. No intuito de

evitar problemas na produção, Lee, Ju e Woo (2020) desenvolveram um sistema de algoritmos que proporciona 10% na redução de HH com a antecipação de problemas na produção. Ferramentas de realidade aumentada também foram desenvolvidas por Blanco-Novoa e demais autores (2018), com ênfase na identificação das dificuldades de montagem de *outfittings* em campo, processo menos automatizado até o momento. Apesar dos altíssimos investimentos em processos automatizados dos estaleiros asiáticos na área de fabricação e montagem de estruturas com a introdução de sistemas robotizados, alguns setores dos estaleiros ainda necessitam de maiores investimentos para sua completa automação, como é o setor de pré-edificação, edificação e montagem de *outfittings*. Estes últimos correspondem à área com maior gasto de HH na produção.

Os processos de instalação e montagem de *outfittings* nos estaleiros *offshore* são uma das atividades que mais requerem atenção. Segundo Semini e demais autores (2017), atualmente esse processo é difícil de ser automatizado e requer uma estratégia de instalação muito aferida para evitar que se torne o gargalo de produção. Nomeado como acabamento avançado, esse processo se baseia em instalar os *outfittings* em paralelo ao processo de montagem de estrutura. Os ganhos, segundo Semini e demais autores (2017), são extremamente significantes em termos de tempo de entrega, qualidade e custo do produto final. Ainda segundo Semini e demais autores (2017), os processos de construção *offshore* que precisam ser analisados para possibilitar uma maior fluência na construção são: fabricação, submontagem, montagem, pré-*outfitting*, pintura, pré-edificação, edificação e montagem final de *outfittings*.

Os grandes ciclos de construção e demandas possuem forte influência no fomento da competitividade, que, por sua vez, acabam gerando um avanço tecnológico na indústria corrente. Estudos realizados por Parsiak, Zhukova e Parsiak (2019) identificaram significativa melhoria no desenvolvimento de novos produtos *offshore* com redução de emissão de CO₂ (em torno de 15%) e redução do número de HH de trabalhadores (em torno de 12%) se comparado as construções de anos anteriores.

De acordo com dados levantados pelas infraestruturas dos estaleiros coreanos, chineses e cingapurianos nos seus *websites*, a metodologia construtiva dos FPSO consiste basicamente em segmentar as operações de produção em três etapas, quais sejam: i) construção e montagem de casco novo ou conversão; ii) construção e

montagem dos módulos; iii) integração do casco + módulos; que incluem, comissionamento e testes finais da unidade e requer equipamento de elevação de carga tipo *Goliath Crane* ou *Floating Crane* com capacidade mínima de 1600 t juntamente com cais de integração. Esta última etapa, portanto, revela características diferenciadas das antecessoras que correspondem à fabricação e à montagem. O ponto mais crítico dessa atividade é o içamento dos módulos sobre os cascos para sua posterior integração eletromecânica, exigindo consistente plano de *rigging*, guindastes de grande porte e cais de acabamento.

Os estaleiros brasileiros, por sua vez, foram revitalizados para que pudessem atender às demandas *offshore*, sendo investidos aproximadamente US\$ 6.22 bilhões oriundos do FMM (BRANQUINHO; SALOMÃO; DUARTE, 2012). Estudos a respeito dos fatores de competitividade e possibilidade de atendimento de demanda por parte dos estaleiros brasileiros foram realizados por Pinhão e demais autores (2019) que identificaram custos elevados unitários da produção brasileira.

Segundo Pinhão e demais autores (2019), o Brasil possui, atualmente, seis estaleiros de grande porte, sendo: Estaleiro Atlântico, em Pernambuco; Enseada do Paraguaçu, na Bahia; Jurong, em Espírito Santo; BrasFeels, no Rio de Janeiro; Ecovix e EBR, no Rio Grande de Sul. Esses estaleiros compõem a indústria de estaleiro de grande porte brasileiro.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq) (2018), a alta participação tributária, escassez de infraestrutura e serviços do Estado que são repassados às indústrias privadas brasileiras, como, por exemplo, a obrigatoriedade de transporte e benefícios de seguro saúde aos operários, somados à dificuldade de oferta de matéria-prima básica em valores competitivos, principalmente de aço, fazem com que os custos unitários de produção dos estaleiros brasileiros sejam muito maiores que os seus concorrentes asiáticos.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (2018), a construção *offshore* e naval no Brasil demanda um número expressivo de trabalhadores diretos (7.736 operários) e três vez mais de indiretos (23.208 operários) por unidade de FPSO, relativo ao ano de 2014. Naturalmente que o impacto cambial é expressivo de modo que, à medida que o dólar se eleva, tal efeito resulte em maior atratividade para a construção *offshore* no Brasil.

Ainda segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (2018), as consequências das reduções do CL foram o esvaziamento

das encomendas dos estaleiros nacionais, sendo que a maioria das construções estão sendo realizadas na Ásia (mercado líder). Na China, encontram-se sete unidades de FPSO sendo construídas, enquanto, no Brasil, existem apenas poucas unidades em construção (módulos), em atendimento ao CL mínimo – termo utilizado para definição dos serviços e produtos que precisam obrigatoriamente ser alocados no país –, o que faz com que muitos estaleiros se encontrem sem alta taxa de utilização.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa pode ser considerada como de natureza exploratória, visto que se propõe rever indicações que colocam em dúvida a competitividade da indústria *offshore* brasileira, com implícita base lógica indutiva, por indicar a indústria asiática como referência internacional, inclusive para o Brasil.

Assim sendo, o procedimento metodológico da presente pesquisa consiste em quatro etapas: i) estimar parâmetros compondo modelo de previsão de demanda para plataformas de produção tipo FPSO e seus insumos, empregando-se técnica de *Material Requirements Planning* (MRP); ii) descrever tecnicamente e avaliar o estado da arte da construção *offshore* em países asiáticos tomados como referência aos processos construtivos brasileiros, para apreciar o nível de competitividade da indústria brasileira; iii) análise da capacidade de atendimento da demanda pelos estaleiros brasileiros, impactos fiscais e recursos de pessoas; iv) mercados alternativos para construção *offshore* brasileira.

O resumo contido no Quadro 1 apresenta detalhes do procedimento metodológico adotado na pesquisa para esta dissertação.

Quadro 3 – Quadro resumo do procedimento metodológico

Etapa 1	Estimativa de demanda de FPSO e seus insumos.	Avaliar as principais variáveis independentes fortemente relacionadas com demandas de FPSO. Para tanto, serão realizadas pesquisas em artigos científicos e <i>websites</i> de instituições do setor de óleo e gás.
		Elaboração de modelo matemático de previsão de demanda com estimação de parâmetros por mínimos quadrados.
		Análise de eventos que possa impactar na previsão de demanda.

		Utilização da técnica de MRP para criação da árvore do produto (plataformas FPSO).
		Estimativa de insumos para construção de FPSOs.
Etapa 2	Avaliação do estado da arte da construção <i>offshore</i> .	<p>Pesquisas em artigos científicos, revistas especializadas e <i>websites</i> que detenham conteúdos sobre a construção <i>offshore</i> asiática, com o objetivo de compor indicadores de infraestruturas, automação, engenharia, tempos e custo de construção, modelo de financeiro do projeto.</p> <p>Análise crítica da situação atual dos estaleiros brasileiros de acordo com os indicadores pré-estabelecidos.</p> <p>Avaliação da competitividade da industrial nacional frente aos principais competidores asiáticos, utilizando-se indicadores de infraestrutura e de processos construtivos.</p>
Etapa 3	Análise da capacidade de atendimento da demanda pelos estaleiros brasileiros.	<p>Com base nos resultados da análise crítica dos estaleiros brasileiros, serão definidos <i>slots</i> de produção compatíveis com o estado atual da indústria.</p> <p>Elaboração de cronograma de construção de FPSOs nos estaleiros</p>

		brasileiros com aplicação de curva de aprendizagem.
		Análise dos impactos de demanda requerida X capacidade dos estaleiros X requerimentos legais de CL da indústria.
		Análise dos impactos fiscais e de profissionais nos possíveis cenários de construção.
Etapa 4	Mercado alternativo para estaleiros brasileiros.	<p>Pesquisa em artigos, revistas especializadas e <i>websites</i> do estado da arte de construção <i>offshore</i>.</p> <p>Análise do mercado alternativo de descomissionamento de plataformas, sendo: regulamentação das operações, critérios técnicos para desmontagens e potencialidades de reciclagem.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1 DEMANDA POR PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO TIPO FPSO

Com base nos estudos disponibilizados pela EPE (BRASIL, 2016), que contempla as plataformas construídas entre os anos 2016 e 2020, verificou-se que as premissas utilizadas para a estimativa de novas unidades *versus* o aumento de produção de petróleo neste período mostraram-se fortemente relacionados. Com base, portanto, nessa constatação, foi realizada a projeção de novas unidades *offshore* para o período de 2021 a 2030. Nesse sentido e de acordo com a curva nacional de produção de petróleo, informada no Plano Decenal de Expansão Energia 2030 (PDE, 2021), foi possível calcular a taxa de demanda (plataformas FPSO/milhão

de barris adicionais) para os próximos dez anos (2021 a 2030). O procedimento, para tanto, consistiu em dispor os dados anuais de produção petrolífera, entre os anos de 2016 e 2020, os quais foram associados, em forma de quadro, às correspondentes construções de plataformas FPSO. Esses dados permitiram formular modelagem matemática linear, como uma possível representação preliminar desta correlação, empregando-se o critério de mínimos quadrados para estimar os parâmetros deste modelo linear, tendo-se a quantidade de plataformas e o acréscimo de produção de petróleo na camada pré-sal (milhão de barris/dia) como variáveis dependente (Y) e independente (X), respectivamente. A inclinação da curva (coeficiente b) representa a taxa de demanda (plataformas/milhão de barris/dia), enquanto o coeficiente linear (a) indica o número de plataformas existentes no início da série histórica, de acordo com a Equação 1, ou seja:

Equação 1 – Proposta de equação linear de estimativa de demanda

$$\hat{Y}(X) = b(X) + a$$

Considerando-se que os dados estatísticos da série histórica e sua projeção linear podem não capturar perturbações à margem da correspondente série, a exemplo de fenômenos estocásticos tais como problemáticas ambientais, ciclos econômicos, pandemias ou mesmo conflitos internacionais, dentre outros, foram analisados alguns eventos que porventura possam vir a impactar a estimativa de demanda proposta.

Como consequência desse modelo matemático de previsão, bem como com base no estabelecimento da árvore do produto – plataforma FPSO e suas partes componentes –, foram estimadas as quantidades de insumos, tais como aço estrutural, tubulações e cabos elétricos dessas plataformas, tanto para o casco quanto para os módulos, a serem industrializados pelos estaleiros, baseado em técnica de MRP. O referido modelo foi também a base para a construção do cronograma de construção de FPSO, bem como para estimar a curva de aprendizagem de montagem delas.

3.2 ESTADO DA ARTE DE CONSTRUÇÃO *OFFSHORE* E AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE INDÚSTRIA LOCAL

A pesquisa relativa ao estado da arte industrial para construção de plataformas foi realizada com base em dados disponíveis em artigos de revistas especializadas e através de informações disponíveis em *websites* dos principais construtores e afretadores internacionais de plataformas *offshore*, tomando-se como *benchmarking* aqueles localizados no continente asiático.

Realizou-se levantamento detalhado das infraestruturas dos estaleiros asiáticos e brasileiros com ênfase no processo de fabricação e montagem atualmente em prática, bem como nos seus correspondentes arranjos físicos. Para efeito de comparação dos recursos e das tecnologias empregada, foram avaliadas as infraestruturas e disponibilidades com base nos seguintes indicadores:

- I. Área útil de oficinas para fabricação e montagem de casco e módulos;
- II. Dimensões de diques secos para construção dos cascos (estrutura naval);
- III. Modo de integração (tipos de equipamentos e técnicas de içamento de carga para construção do casco com módulos);
- IV. Comprimento de cais para atividades de comissionamento e testes finais.

Para avaliar a adequabilidade dos métodos construtivos padrões internacionais como um *benchmarking* para os estaleiros brasileiros, foram analisados os processos e as infraestruturas conforme os indicadores acima estabelecidos, bem como foram estimados os tempos necessários de conclusão dos contratos de FPSO pelos estaleiros de acordo com as informações de últimos projetos executados, considerando-se os insumos essenciais, identificados através da árvore do produto, através do método MRP que avalia as partes componentes de um produto.

Os cronogramas de construção e tempos de processos para os estaleiros asiáticos e brasileiros foram elaborados com bases nas informações técnicas disponíveis nas literaturas pesquisadas e descritas na fundamentação teórica.

Com base nos critérios definidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (PINHÃO et al., 2012), para avaliação do estado atual tecnológico do estaleiro, foram avaliados os níveis de automação dos processos fabris

sendo: (1) sem automação; (2) baixa automação; (3) média automação; (4) alta automação; e (5) 100% automatizado. Tais avaliações possibilitaram classificar o nível tecnológico dos estaleiros em geral.

Foram pesquisadas e analisadas as tecnologias atualmente utilizadas para as atividades de engenharia (plataforma FPSO), desde a fase de projeto básico até a sua execução.

Ainda como índices de comparação, foram também identificados custos de construção das plataformas, os quais foram empregados para avaliar a competitividade dessa indústria no Brasil, quando confrontada à construção *offshore* asiática. A análise deste índice seguiu os padrões correntes da indústria *offshore* de estruturação de custo (IPEA, 2014) e informações atuais de mercado (OFFSHORE..., 2012). A estrutura utilizada consistiu em três grandes classes de custos em relação aos custos totais: construção (35%), materiais básicos (15%) e equipamentos (50%).

Por fim, além de indicadores referentes à infraestrutura e tecnologia empregada no processo fabril, avaliou-se também os modos funcionais dos sistemas de financiamentos e garantias dos estaleiros asiáticos e brasileiros, bem como a percepção de risco no ambiente de do negócio de construção.

3.3 PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA ATENDIMENTO À DEMANDA DE NOVOS FPSOS PELOS ESTALEIROS BRASILEIROS

Uma vez confirmada a competitividade da indústria *offshore* brasileira para a construção dos FPSOs em padrões internacionais, foram estabelecidos lotes de produção (*slots*) disponíveis em cada estaleiro (capacidade industrial) para a construção do casco, módulos e integração. Os tempos médios de construção pesquisados, bem como estimados com base na curva de aprendizagem, foram utilizados como *inputs* para calcular a capacidade de produção de estaleiros selecionados.

Os lotes produtivos dos estaleiros selecionados foram unificados em dois *slots* (cenários) básicos de produção da indústria nacional para os próximos dez anos (2021 a 2030), no que se refere à disponibilidade de infraestrutura de espaço de construção naval-*offshore* (dique-seco), quais sejam: i) estaleiros com dique seco; ii) estaleiros sem dique seco. Esses *slots* correspondem à capacidade de construção de plataformas (FPSO) da indústria *offshore* nacional sendo confrontada com o CL

mínimo atual de 25%, regulamentado pela ANP a partir da 14ª sessão de licitações de exploração de campos de petróleo. Atualmente, a regulamentação de CL está estabelecida na Resolução nº 7, de 11 de abril de 2017, do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). (CONTEÚDO..., 2021)

Foi analisando também o tempo estimado de construção de cada FPSO calculado, com base em curva de aprendizado (KNECHT, 1974), em razão de constituírem-se em atividades repetitivas durante a montagem dessas complexas estruturas. A exponencial de Knecht (1974), adotada como referência da curva de aprendizado, é dada pela Equação 2:

Equação 2 – Proposta de equação de curva de aprendizado para construção de plataformas *offshore*

$$t_n = t_1 \cdot n^{\frac{\ln(P)}{\ln(2)}}$$

Onde t_n é o tempo necessário para se concluir a n -ésima unidade (plataforma), t_1 é o tempo necessário para se concluir a primeira unidade (plataforma) e P é o coeficiente de aprendizado. Tomando-se por base a construção de plataformas para a Petrobras realizada no canteiro de São Roque do Paraguaçu, município de Maragogipe, estado da Bahia, o coeficiente de aprendizagem intermediário foi de 96% (AGÊNCIA PETROBRAS, 2012).

Adicionalmente, visando-se a avaliar preliminarmente os retornos financeiros e empregabilidade das construções dos FPSOs, foram estudados os seguintes cenários: nível de CL variando entre 25% (mínimo), 40% (intermediário) e capacidade máxima. As seguintes premissas foram consideradas:

- i. Valor de um projeto de Construção e Montagem de Módulos *Offshore*: US\$ 1.000 milhão sendo construção de cascos tipo *3900k39inglding* estimado em US\$ 250 milhões, módulos em US\$ 700 milhões e Integração de US\$ 50 milhões (MCCAUL, 2021);
- ii. Nível de geração de impostos para construção de plataformas no Brasil: 14,80% sobre o faturamento (IPEA, 2014);
- iii. Número de profissionais para construção de uma unidade de FPSO: 7.736 integrantes diretos (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018);

- iv. Custo adicional de construção no Brasil, segundo valores dos últimos FPSOs construídos no Brasil.

3.4 PESQUISA DE MERCADOS ALTERNATIVOS PARA ESTALEIROS BRASILEIROS (CASO DE DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS OFFSHORE)

Por fim, foi realizado uma avaliação do atendimento da demanda do mercado de descomissionamento de plataformas *offshore*, como alternativa para os estaleiros brasileiros.

Através das pesquisas realizadas sobre as infraestruturas disponíveis nos estaleiros brasileiros, analisou-se a capacidade de atendimento desse mercado emergente de descomissionamento, com ênfase nos diques secos disponíveis. O dique seco é infraestrutura essencial para as atividades de descomissionamento segundo Convenção de Hong Kong de 2009.

Adicionalmente, foi pesquisado casos similares de indústrias internacionais que praticam as atividades de descomissionamento como México, Estados Unidos, China e Índia, com o intuito de verificar as questões regulatórias – principalmente ambientais – dos respectivos países e comparar com o estado atual da indústria brasileira.

Além das questões regulatórias, uma avaliação do modelo e da tecnologia de descomissionamento dos mercados internacionais foi realizada com o intuito de criar parâmetros de competitividade.

Por fim, fora avaliado também provisões econômicas das atividades de descomissionamento e comparadas as gerações econômicas das construções *offshore* de FPSO.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do trabalho foram organizados nos seguintes tópicos: “Demanda de plataformas de produção”; “Competitividade na construção de plataformas”; “Capacidade de atendimento dos estaleiros brasileiros”; e “Mercados de descomissionamento de plataformas *offshore*”.

4.1 DEMANDA DE PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO

As demandas de FPSOs foram estimadas considerando o período de entre 2021 e 2030, cuja linearidade está relacionada diretamente à necessidade de produção de petróleo. Os insumos necessários para a construção das plataformas, por sua vez, seguem a seguinte classificação: aço estrutural, equipamentos, elétrica, tubulações, *outfittings* e acomodação.

4.1.1 Estimativa de demanda de FPSOs para próxima década

Com base em informações do PDE (BRASIL, 2016), o Quadro 2 apresenta a quantidade anual de plataformas de FPSO construídas em função da produção de petróleo na camada pré-sal entre os anos de 2016 e 2020.

Quadro 4 – Produção de petróleo e correspondente demanda por plataformas

Ano	2016	2017	2018	2019	2020
Produção (Milhões de Barris/dia)	2,59	2,75	2,89	3,03	3,14
Acréscimo de Produção (x)	0,01*	0,16	0,14	0,14	0,11
Novas Plataformas (\hat{Y})	1	3	4	4	2
Acumulado Novas Plataformas	1	4	8	12	14

*Informação referente ao ano anterior (2015).

Fonte: Brasil (2016).

Tratando-se os dados do Quadro 2 e aplicando-se o método de mínimos quadrados, formula-se o modelo de estimação linear, conforme Equação 3:

Equação 3 – Equação linear de estimativa de demanda

$$\hat{y}(x) = 18,35 \cdot x + 0,75$$

A partir desse modelo, pode-se estimar a demanda anual por FPSO, entre os anos de 2021 e 2030, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

O modelo de mínimos quadrados teve como resultado o coeficiente $r^2 = 0,71$, sendo $r = 0,84$. Esses resultados indicam que o número de plataformas possui uma forte correlação, visto que 71% do acréscimo de plataformas está diretamente relacionado ao aumento da produção de barris de petróleo.

As questões relativas à introdução de tecnologias que proporcionam o aumento da vida útil das plataformas existentes, aumentando o fator de utilização dos tradicionais 75% para até 85%, é um dos fatores que pode vir a influenciar essa correlação linear.

Tabela 1 – Produção de petróleo e correspondente demanda por novas plataformas FPSOs

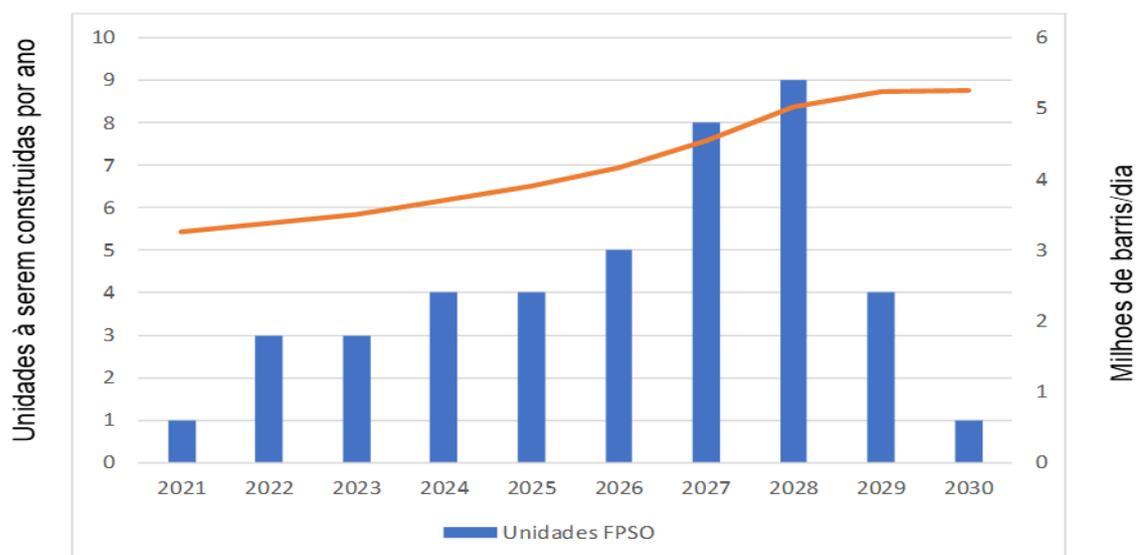
Ano	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Produção (Milhões de Barris/dia)	3,26	3,38	3,5	3,71	3,91	4,17	4,55	5,03	5,24	5,26
Acrescimento de Produção (x)	0,03	0,12	0,12	0,21	0,20	0,26	0,38	0,48	0,21	0,02
Novas Plataformas (Y)	1	3	3	4	4	5	8	9	4	1
Acumulado Novas Plataformas	1	4	7	11	15	20	28	37	41	42

Fonte: elaborada pelo autor.

Com base nos resultados obtidos e disponibilizados na Tabela 1, constata-se que ao final de 10 anos (2021 a 2030), visando-se a atender às expectativas de produção de petróleo na camada pré-sal, fazem-se necessárias a construção de 42 unidades de FPSO.

Transportando-se os dados de novas plataformas em função do acréscimo de produção de petróleo (milhões de barris/dia) para um formato gráfico, a fim de melhor compreender a dinâmica dessa relação, tem-se o resultado apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 2 – Demanda por FPSO em função da produção de petróleo na camada pré-sal



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado no Gráfico 1, constata-se uma crescente demanda por plataformas até o ano de 2028, muito embora o espaço amostral possa ser avaliado em períodos menores. Entre 2021 e 2023, prevê-se a necessidade de mais sete unidades em operação, demandas estas que possivelmente devem ser originadas dos leilões públicos realizados antes de 2016. De acordo com a ANP (2018), isso deve-se ao tempo necessário para implantação de projetos *offshore* que necessitam de cerca de oito anos desde a assinatura de contrato. A demanda por plataformas entre 2024 e 2025 mantém-se constante em quatro unidades/ano, mas poderá chegar a nove unidades/ano em 2028. Esse expressivo aumento certamente será efeito dos resultados dos leilões de petróleo realizados a partir de 2016 nos quais os volumes dos leilões foram maiores. Espera-se, contudo, uma redução no tempo das emissões das licenças para seis anos, o que pode gerar uma antecipação no número de plataformas a entrar em operação. Para a indústria *offshore*, essa variação de demanda anual representa um complexo desafio ao seu planejamento, visto que a não linearidade de encomendas prejudica a produção seriada. Uma alternativa para o atendimento a essa variação de demandas anuais pode vir a ser a utilização de mercados externos reduzindo a competitividade da indústria nacional.

Os resultados indicam também que as demandas de 42 unidades para os próximos dez anos estão abaixo dos números informados pela ANP (2018), que estimam 60 unidades. Essa diferença de quantidade de encomendas deve-se ao fato de que, segundo a EPE (BRASIL, 2019), espera-se um significativo aumento de rendimento das plataformas na operação do pré-sal, além de um fator de recuperação da produção das plataformas com maior vida útil.

O modelo desenvolvido não considerou eventos causais (prospecções) que porventura possam afetar a previsão das demandas das plataformas entre 2021 e 2030. Para Kotler (1996) e Mendonça (2011), pode-se identificar diversos métodos de prospecção do futuro, são eles: extrapolação de tendências; correlação de tendência; modelagem econométrica; análise de impacto cruzado; previsão de demanda/risco; método delphie; e cenários múltiplos. Identifica-se que o presente trabalho possui semelhança ao processo de extrapolação de tendências, sendo a referência os dados do PDE de 2016 a 2020 como tendência principal.

O Quadro 3 indica eventos que podem vir a ocorrer e seus possíveis impactos na previsão de demanda:

Quadro 3 – Eventos causais e impactos sobre as demandas previstas

Causas	Consequência sobre a demanda	Impacto sobre a previsão	Probabilidade de ocorrer
Pandemias	Redução	Médio	Baixa
Expressivas reduções nos preços do barril de petróleo	Redução	Alto	Média
Expressivos aumentos no preço do barril de petróleo	Aumento	Alto	Média
Baixa eficiência dos poços	Aumento	Alto	Média
Alta eficiência dos poços	Redução	Alto	Média
Introdução de novas tecnologias de energia	Redução	Médio	Baixa
Regulação das atividades de emissão de CO2	Redução	Baixo	Alta
Conflitos bélicos em regiões produtoras ou de amplitude mundial	Aumento	Médio	Média

Fonte: elaborado pelo autor.

De modo geral, a recente ocorrência de pandemia mundial, provocada pelo SARS-CoV-2), declarada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), influenciou

significativamente nas previsões dos cenários futuros da oferta e demanda (mercado) de produtos e serviços em âmbito internacional. Especificamente a indústria *offshore* parece não ser muito afetada por esse tipo de evento, como ocorrido entre 2020 e 2022, uma vez que as demandas permaneceram constantes, conforme divulgado pela Petrobras e ANP (BRASIL,2021).

A indústria *offshore* de construção de FPSOs é muito sensível ao evento de precificação do preço do barril do petróleo, sendo esse binário em termos de impacto nas demandas: preço de barril alto significa maiores investimentos e, no sentido contrário, redução dos preços significam menores investimentos. Equivalente relação de causa-efeito acontece na eficiência das atividades de produção dos poços de petróleo: quanto maior a eficiência, menor número de demandas de FPSOs e vice-versa para poços de pequena eficiência. Segundo a Petrobras, o preço mínimo de viabilização do pré-sal é de US\$ 30/barril, portanto muito inferior aos preços médios do petróleo (Brent/WTI) comercializados no mercado internacional, em torno de US\$ 120/barril (março/2022) (PLANO..., 2020).

A introdução de novas tecnologias de energia pode impactar também na demanda futura de FPSOs. Países da região do Mar do Norte estão utilizando o *know-how offshore* para instalação de parques eólicos *offshore*. A introdução desse tipo de tecnologia não significa uma redução direta para os estaleiros, mas sim uma necessidade de substituição e adaptação dos seus produtos. Segundo a International Renewable Energy Agency (2016), é esperado entre 2020 e 2030 um crescimento de 100 GW. Por sua vez, entre 2030 e 2050, esse crescimento tende a ser ainda maior na ordem de 400 GW, muito relacionado à substituição da matriz energética mundial com a redução do consumo de combustíveis fósseis.

Outros eventos como regulações na emissão de CO₂ podem impactar significativamente nos investimentos em novas plataformas do tipo FPSOs. Com a assinatura do acordo de Paris, em 2016, por exemplo, criou-se uma forte corrente de enfrentamento ao aquecimento global entre os mais de 200 países que produzem mais dos 55% dos gases que geram o efeito estufa. De acordo com as regulações atuais da ANP, as plataformas necessitam possuir em sua planta módulos de capturação de CO₂ no intuito de reduzir as emissões dos próximos dez anos. A Figura 1 mostra um exemplo das adaptações requeridas nas unidades de produção. Adicionalmente, o sistema de geração das plataformas originariamente abastecido por

diesel está sendo substituído por sistemas a gás. A introdução de tais tecnologias permite baixos impactos no setor para próxima década.

Figura 1 – *Layout* de uma plataforma de produção com sistema de captura de CO₂



Fonte: Fast4ward (2019).

Os conflitos bélicos têm forte impacto no preço do barril do petróleo quando envolvem produtores e consumidores que têm expressão no cenário mundial. Em 1980, no início da guerra entre Irã e Iraque (dois grandes produtores mundiais), que durou 8 anos, o preço do barril do petróleo subiu de US\$ 40/barril para US\$ 80/barril. Atualmente, o mesmo fenômeno observa-se na guerra entre Rússia e Ucrânia, com o barril de petróleo variando de US\$ 80/barril para US\$ 120/barril.

Outro aspecto importante é o cenário pós-2030, o qual sequer foi considerado no plano nacional de política energética. Alternativamente, os estaleiros brasileiros poderão seguir as tendências dos estaleiros internacionais e atender, a partir de então, a outros mercados similares como construção de plataformas de produção de gás do tipo FLNG e estações de eólicas *offshore*, dois mercados nacionais muito promissores que ainda estão em fase exploratória.

Por fim, destaca-se que o presente modelo proposto se mostrou coerente para estimativa de demanda, podendo-se considerar como uma análise inicial que deverá ser aprimorado com a utilização de modelos estatísticos mais detalhados como o Erlang, Normal e Exponenc

4.1.2 Estimativa de insumos e árvore do produto dos FPSOs

As quantidades de insumos a serem industrializadas por FPSO foram calculadas com base na estrutura destas unidades e suas partes componentes, desagregando-se a correspondente árvore do produto (plataforma), considerando uma unidade de 180 mil de barris/dia de produção. Tendo em vista a quantidade esperada de 42 unidades para os próximos dez anos, as demandas (toneladas) por aço, tubulação, equipamentos, cabos elétricos e *outfittings* foram igualmente majoradas 42 vezes, conforme detalhado na Tabela 2, e na proporção das partes componentes observadas na árvore do produto apresentada na Figura 2.

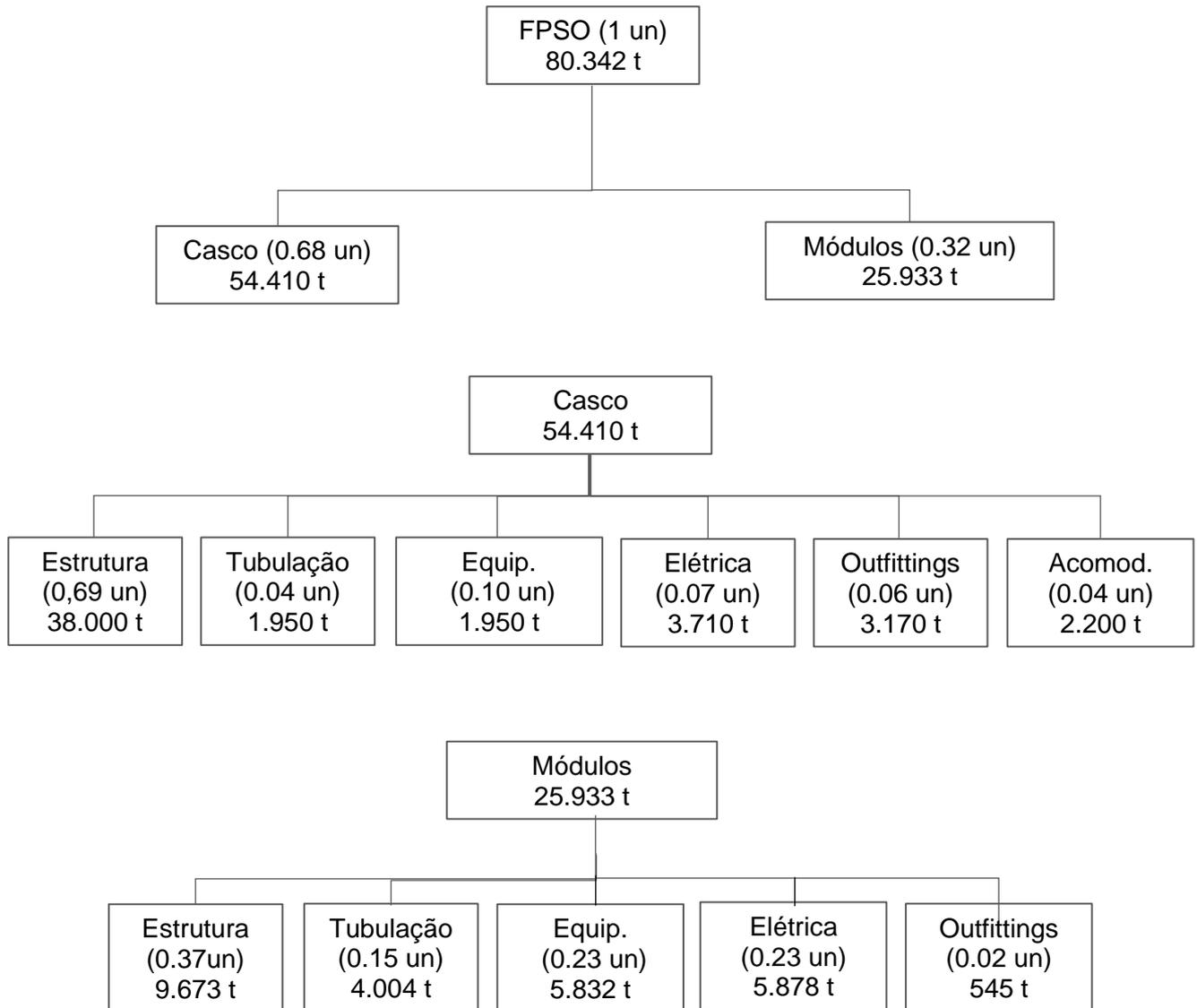
Tabela 2 – Demanda prevista de insumos e FPSO1 (em toneladas)

Categoria	Quantidade para 1 unidade FPSO			Quantidades para 42 unidades de FPSOs
	Casco	Top Sides (Módulos)	Total (Casco + Módulos)	Total (Casco + Módulos)
Estrutura (aço)	38.000	9.673	47.673	2.002.250
Equipamentos	5.380	5.832	11.212	470.915
Elétrica	3.710	5.878	9.588	402.693
Tubulação	1.950	4.004	5.954	250.077
<i>Outfittings</i>	3.170	545	3.715	156.046
Acomodação	2.200	-	2.200	92.400
Total	54.410	25.933	80.342	3.374.381

1.Previsão para o ano de 2030 (compreende o peso por unidade de casco e módulos, bem como para as 42 FPSO).

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 2 – Árvore do produto: construção de FPSO



Fonte: elaborada pelo autor.

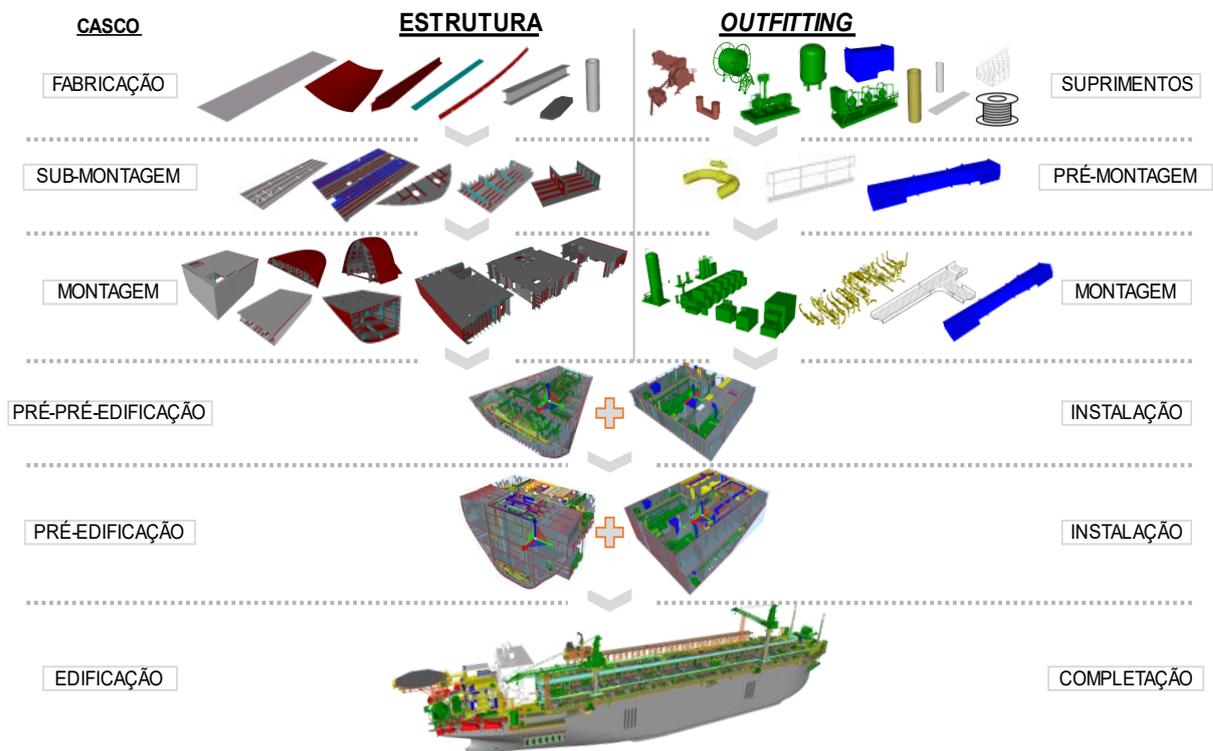
Esses resultados indicam que aproximadamente 68% (em peso) de cada FPSO refere-se à estrutura do casco (54.410 t) e o complemento (módulos) em torno de 32% (25.993 t). No subproduto casco, o insumo aço possui extrema relevância, representando 70% do peso total (38.000 t), seguido por equipamentos (10%), enquanto as instalações de acomodação demandam a menor proporção com apenas 4,0%. Por outro lado, no componente módulos, o aço não possui a mesma relevância, representando 37% do peso total (9.673 t), seguido de equipamentos com 22%,

tubulações com 15% (4.004t), enquanto a operação de *outfitting* demanda a menor quantidade (2,0%).

Essa composição diferenciada de insumos entre casco e módulo faz com que suas construções tenham características diferentes tanto em termos de facilidades industriais quanto tempo e produtividade. A industrialização das tubulações denominados *spools* requerem muito mais tempo do que a industrialização do aço estrutural, demandando entre três e quatro vezes mais tempo por tonelada de produto industrializado. A maior presença de equipamentos nos módulos também traz a particularidade das montagens desse tipo de insumo dependerem muito do *lead time* dos fabricantes.

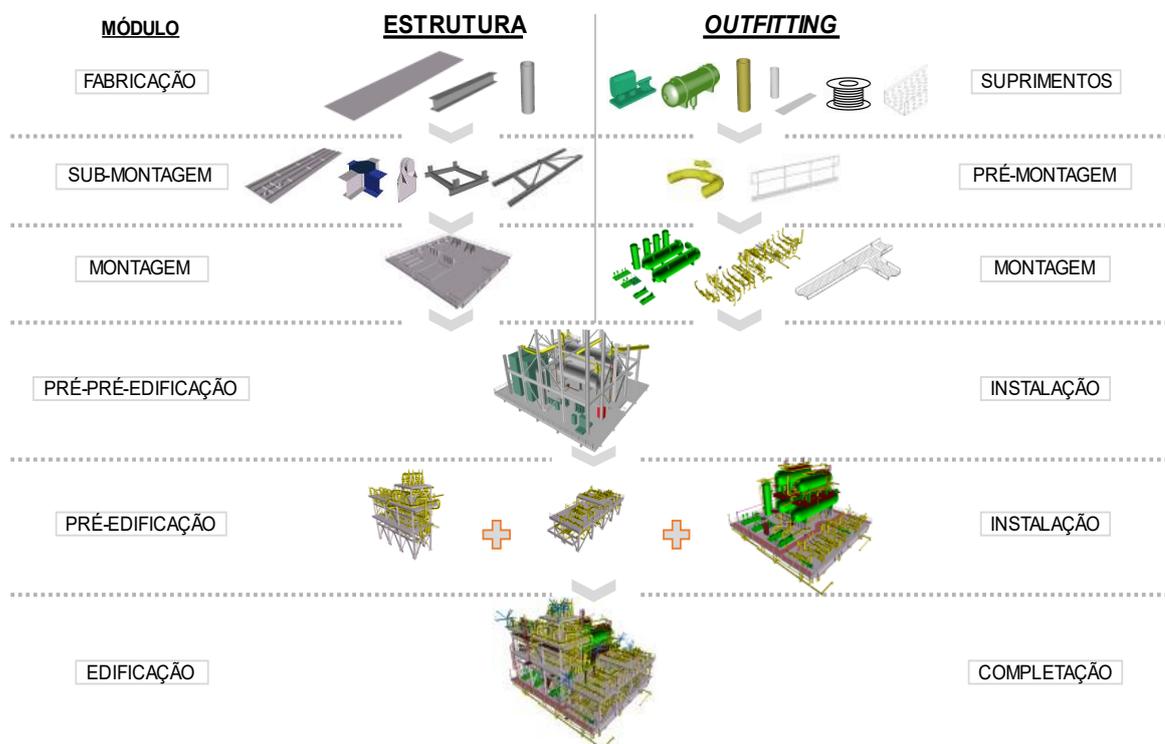
As Figuras 3 e 4 mostram a árvore do produto com ênfase no processo de industrialização do casco e módulos.

Figura 3 – Árvore do produto da construção do casco



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 4 – Árvore do produto da construção do módulo



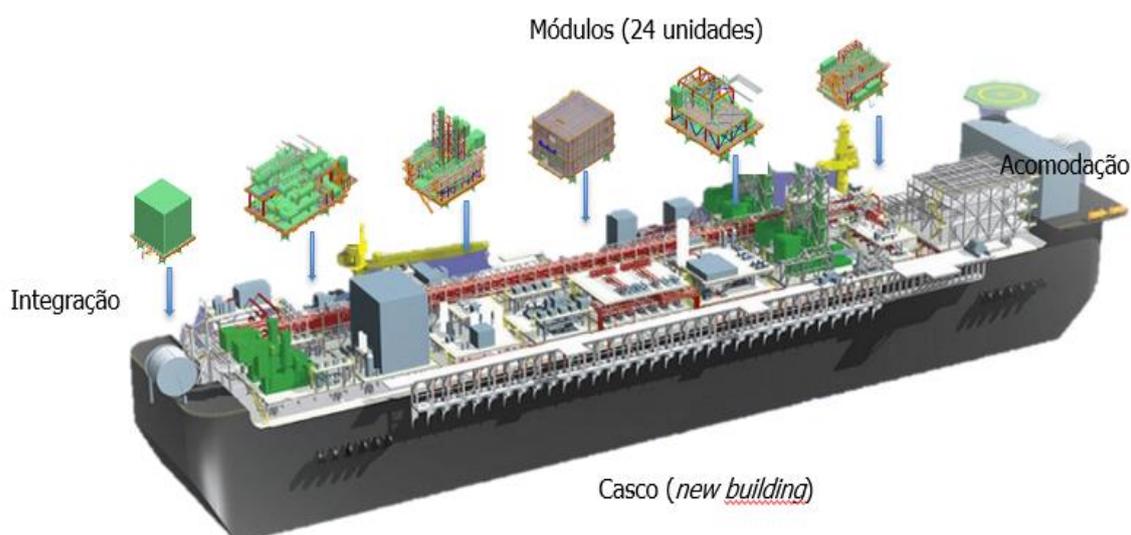
Fonte: elaborada pelo autor.

A árvore do produto do casco indica que o casco é subdividido em subprodutos denominados blocos. Cada bloco possui em sua composição os insumos básicos de aço estrutural, *outfttings* como tubulações e pequenos equipamentos. O abastecimento de aços e *outifttings* deve ser priorizado de acordo com a sequência de construção dos blocos. A integração final do conjunto com os equipamentos de grande porte como turbinas, transformadores e grandes bombas conjuntamente com os cabos elétricos acontecem nas etapas finais denominadas de pré-edificação e edificação do casco. Dessa forma, os tempos de montagem dos grandes equipamentos podem acontecer mais tardiamente, que são geralmente os itens críticos de *lead times* da cadeia de suprimentos.

A árvore do produto dos módulos indica que a construção dos módulos é diferente dos cascos não somente devido às quantidades de insumos, mas também na sequência construtiva. A necessidade de instalação dos grandes equipamentos acontece de forma mais cedo no processo construtivo dos módulos, o que traz uma certa criticidade para o processo.

Uma vez que a construção do casco não demanda a instalação de equipamentos nos estágios iniciais, o seu processo de fabricação e montagem tende a não sofrer atrasos no seu início e nos prazos de entregas finais. Por outro lado, o início de construção dos módulos precisa aguardar a chegada dos equipamentos, que demandam em média 12 a 18 meses de fabricação após realizado o pedido de sua ordem de compra. Adicionalmente, esse possível intervalo de início das atividades possibilita também a divisão dos escopos de trabalhos dos estaleiros em: construção de casco, módulos e integração. A Figura 5 ilustra a configuração final da árvore de produto da construção *offshore*.

Figura 5 – Método construtivo dos FPSOs



Fonte: elaborada pelo autor.

4.2 COMPETITIVIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE

Utilizando os dados disponibilizados pelas revistas *Offshore Magazine* (2019 WORLDWIDE..., 2019) e *Offshore Engineering* (FLOATING..., 2019), mapeou-se os principais construtores do segmento que serão detalhados a seguir.

Em todo o mundo, já foram construídas, até ano de 2019, um total de 225 unidades de FPSOs. O mercado brasileiro de exploração de petróleo é líder com 59 plataformas em operação, seguido por países do Mar do Norte (31 unidades), China

(16 unidades), Angola (16 unidades), Nigéria (15 unidades), Indonésia (12 unidades) e Vietnã (10 unidades).

Não estão contabilizados dentro desses projetos já executados as unidades do tipo monocoluna, Spars, TLPs e semissubmersíveis. Na região do Golfo do México, as plataformas do tipo TLPs e semissubmersíveis – que possuem estrutura submarinas semelhantes diferenciando-se apenas no sistema de ancoragem – são predominantes, tendo em vista que as condições oceanográficas de ondas do local favorecem a construção desse tipo de unidade que possui forma constante, podendo absorver impactos em qualquer direção sem necessidade de reposicionamento. Dessa forma, destaque-se a ausência de estaleiros e canteiros na região da América Central e Norte que foram utilizados para apoio na construção desses tipos de plataformas de produção de águas profundas predominantes na região do Golfo do México. Identificou-se também que estaleiros da Cingapura possuem significativo acervo técnico nas construções desses tipos de plataformas *offshore*.

Percebe-se atualmente a baixa demanda por esses tipos de plataformas – TLPs e submersíveis – nos mercados de FPSOs emergentes como o brasileiro e africano. Em termos de praticidade para os estaleiros, as construções de plataformas do tipo semissubmersíveis são mais complexas que as construções de cascos retilíneos. A altura desse tipo de plataformas com os *decks* sendo instalados a 70 metros faz com que a dificuldade de construção seja maior com o incremento de atividades em altas elevações resultando em um consumo maior de tempo de dique e, conseqüentemente, aumento de HH e custo. Adicionalmente, as formas dos submarinos com até 85 metros de comprimento exigem que os diques possuam no mínimo 90 metros de largura, limitando as possibilidades de estaleiros que possam vir a atender esse tipo de demanda. As plataformas do tipo monocoluna, por sua vez, possuem grande incidência de blocos curvos o que também acaba aumentando os custos de produção das unidades. Os blocos curvos são as estruturas que consomem mais tempo de construção dentro das oficinas dos estaleiros. Percebe-se claramente na pesquisa realizada que os cascos de forma retilínea de FPSOs serão predominantes na próxima década.

Ainda com base nas referidas fontes de dados da revista *Offshore Magazine* (2019), foram identificados os países onde estão localizadas as plataformas *offshore* construídas, conforme consta no Quadro 4 que apresenta o cenário desse mercado até o ano de 2019.

Quadro 4 – Líderes do segmento de construção *offshore* tipo FPSO retilíneo

Países	Fabricação de <i>top sides</i>	Cascos Novos	Conversão Integração	Total de Projetos
Cingapura	24	2	70	96
China	10	25	27	62
Coreia	13	22	16	51
Europa	23	4	5	32
Brasil	14	2	13	29
Japão	1	11	9	21
Malásia	7	1	5	13
Dubai/Emirados	0	0	5	5
Total				309

Fonte: elaborado pelo autor.

A diferença entre o número de projetos executados e unidades construídas (309 e 225) decorre do fato da construção de uma unidade de FPSO poder ser executada em mais de um lugar, como, por exemplo, a segregação da montagem dos *top sides* (módulos) do casco. Logo, uma unidade de FPSO pode implicar dois projetos associados para sua construção final.

Percebe-se que a construção *offshore* dessas unidades está concentrada no continente asiático em países líderes, como Cingapura, China e Coreia, que absorvem 67% do total dos projetos executados (209). A Europa absorve 10% do mercado, com 32 projetos, tendo grande destaque nesse tipo de construção entre os anos 1985 e 1995 devido às atividades de exploração do Mar do Norte. Já o Brasil, com 9% do mercado mundial (29 projetos), registrou significativa participação nos projetos *offshore* do tipo flutuante, principalmente no período entre 2000 e 2010, quando os conteúdos de indústria local eram altos (superior a 50%), muito embora encontre-se atualmente na quinta posição dentre os construtores mundiais. A indústria *offshore*

japonesa, igualmente importante no cenário mundial, tem atuado mais na construção de cascos novos, em razão de sua sólida *expertise* com a construção naval tradicional. A construção *offshore* da Malásia, por sua vez, atua marcadamente como apoio aos correspondentes projetos de Cingapura, enquanto essa indústria em Dubai/Emirados, está mais direcionada às atividades de conversão de cascos.

4.2.1 Estado da arte da construção *offshore* asiática

Os resultados referentes ao estado da arte da construção *offshore* da Ásia foram divididos nas seções: “Infraestruturas dos estaleiros asiáticos” e “Detalhamento da produção”.

4.2.1.1 Infraestruturas dos estaleiros asiáticos

No que diz respeito às infraestruturas presentes nos principais estaleiros asiáticos, características estas que os credenciam como os principais líderes mundiais nesse segmento, registram-se os resultados contidos no Quadro 5, que evidencia comparativamente os dois maiores estaleiros *offshore* de cada um dos seguintes países: China, Cingapura e Coreia do Sul:

Quadro 5 – Infraestrutura de importantes estaleiros asiáticos de construção *offshore*

Unidade	Local	Oficina de Fabricação e Montagem (m ²)	Dique Seco Comprimento x Largura (m)	Modo de Integração	Cais Comiss.(m)
Cosco Dalian	China	222.765	560 x 80 (1) 700 x 80 (2)	Goliath Crane Guindaste Flutuante	1.800
Cosco Nantong	China	118.764	540 x 130	Goliath Crane	1.200
Jurong	Cingapura	72.864	383 x 86 (1) 330 x 66 (2)	Guindaste Flutuante	795

Keppel Shipyard	Cingapura	38.800	380 x 95 (1) 360 x 83 (2) 300 x 77 (3)	Guindaste Flutuante	1.790
Hyundai	Coreia do Sul	452.415	900 x 80 (1) 500 x 100 (2) 481 x 67 (3) 465 x 85 (4)	Goliath Crane Guindaste Flutuante	2.356
Samsung	Coreia do Sul	384.600	400 x 60 (1) 700 x 120 (2)	Goliath Crane Guindaste Flutuante	5.300

Fonte: elaborado pelo autor.

Nas figuras abaixo, pode-se observar o *layout* geral dos estaleiros da Cosco em Dalian/China (Figura 6), *Hyundai Heavy Industry* em Jeonha/Coreia do Sul (Figura 7) e Keppel em Cingapura (Figura 8).

Figura 6 – Estaleiro *offshore* da Cosco em Dalian/China com dois diques secos



Fonte: Google Maps (2022).¹

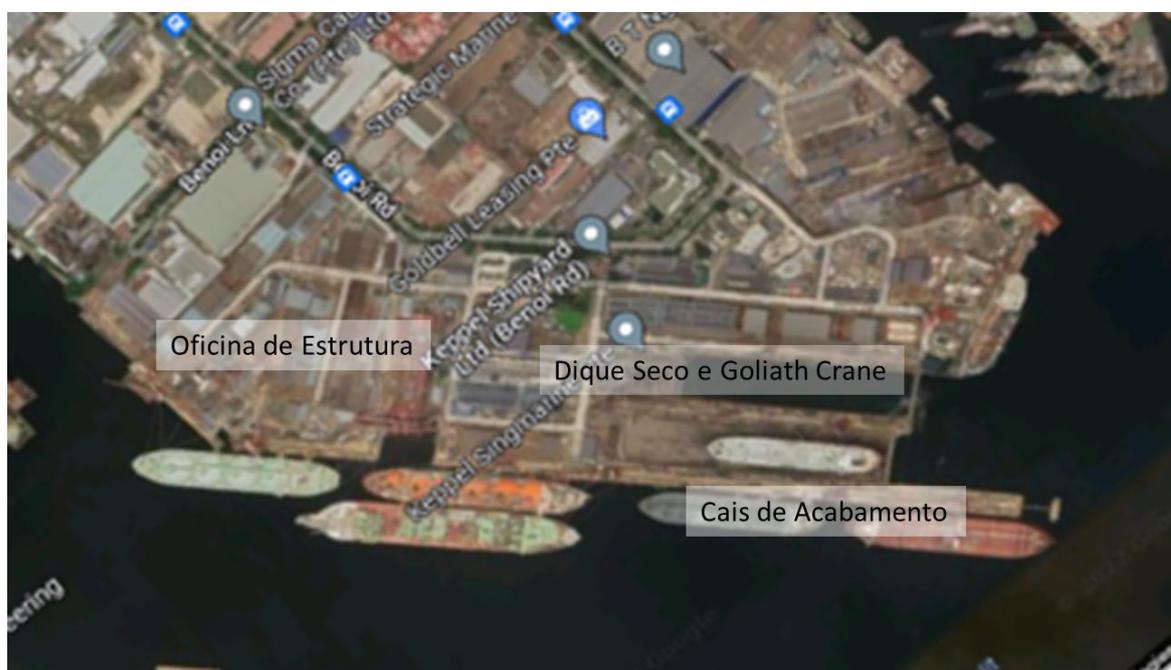
¹ Ver em: <https://www.google.com.br/maps/@38.8150123,121.13075,8448m/data=!3m1!1e3>

Figura 7 – Estaleiro *offshore* da Hyundai em Jeonha/Coreia do Sul com três diques secos



Fonte: Google Maps (2022).²

Figura 8 – Estaleiro *offshore* da Keppel em Cingapura



Fonte: Google Maps (2022).³

² Ver em: <https://www.google.com.br/maps/@35.5204995,129.439906,4412m/data=!3m1!1e3>

³ Ver em: <https://www.google.com.br/maps/search/estaleiro+perto+de+Bukit+Chermin+Road,+Keppel+Club,+Singapura/@1.33158,103.3539412,79515m/data=!3m1!1e3>.

Esses resultados evidenciados no Quadro 5 e ilustrados nas Figura 6 a 8 indicam que os estaleiros chineses e coreanos possuem áreas bem extensas com grandes oficinas de fabricação de estruturas com dimensões acima de 200.000 m². Em todos esses estaleiros asiáticos, constatam-se a presença de mais de um dique seco, possibilitando a construção de mais de um casco simultaneamente. Os equipamentos de instalação são tanto do tipo *Goliath Crane* (grandes pórticos terrestres) quanto guindastes flutuantes com capacidades mínimas de içamento de 1500 ton. Os cais de acabamento são muito extensos, acima de 795 metros de comprimento, que possibilita também o comissionamento de mais de uma unidade de FPSO por vez. Destaca-se, contudo, que a indústria *offshore* de Cingapura provavelmente tenha chegado ao seu limite de expansão devido à limitação de espaço físico (os estaleiros não possuem capacidade para expansão de suas oficinas por exemplo, limitando a construção de novos estaleiros). Tais evidências podem ser constatadas pelos números apresentados no Quadro 5 e na Figura 8, que indicam menores dimensões das infraestruturas internas dos estaleiros desse país como oficinas de estrutura com no máximo 72.000 m². Esse fator tem colocado à frente China e Coreia em termos de possibilidades de expansões futuras e investimentos marginais em seus respectivos estaleiros. A utilização de países vizinhos como Malásia tem sido umas das alternativas usadas pelos estaleiros de Cingapura para manter sua capacidade produtiva, embora traga desafios logísticos.

Destaca-se o sofisticado *layout* do estaleiro *Heavy Industry* que possui quatro dique-secos com saídas em duas extremidades e oficinas nas duas pontas identificadas na Figura 7. A robustez do estaleiro reflete na sua liderança mundial dos estaleiros.

Nota-se significativa diferença frente aos estaleiros brasileiros, que possuem em suas infraestruturas apenas um dique seco, quantidades de pórticos tipo *Goliath Crane* de no máximo duas unidades e oficinas de estruturas com no máximo 75.000 m².

4.2.1.2 Detalhamento da produção dos estaleiros asiáticos

Com base nos dados levantados em literatura e com base na árvore do produtos do FPSO e seus componentes casco e módulos, a metodologia construtiva dos FPSO consiste basicamente em segmentar as operações de produção em três

etapas, quais sejam: i) construção e montagem de casco novo ou conversão peso final em torno de 54.000 t, que demandam infraestrutura de dique seco e oficinas automatizadas (no caso de construção de caso novo); ii) construção e montagem dos módulos, em torno de 26.000 t, que demandam oficinas automatizadas e operários qualificados; iii) integração do casco + módulos, que incluem, comissionamento e testes finais da unidade e requer equipamento de elevação de carga tipo *Goliath Crane* ou *Floating Crane* com capacidade mínima de 1600 t juntamente com cais de integração. Esta última etapa, portanto, revela características diferenciadas das antecessoras que correspondem à fabricação e à montagem.

Existem, atualmente, dois tipos de metodologias de construção de cascos de FPSOs: i) método de conversão que consiste na utilização de cascos já existentes tipo *Vessel Large Crude Carrier* (VLCC) de 350.000 DWT; ii) e o método de construção de caso (*new building*);

Das 225 unidades já construídas de FPSOs, aproximadamente 150 unidades tiveram seus cascos executados através do método de conversão (2019 WORLDWIDE..., 2019). Esse método é baseado na aquisição de um caso já existente VLCC que é “re-engenheirado” para o recebimento dos módulos *offshore*. As atividades de adaptação do casco consistem basicamente nos seguintes subprocessos:

- a) Definição do projeto básico incluindo tipo e tamanho do FPSO;
- b) Escolha do casco de VLCC;
- c) Descontaminação dos tanques do VLCC;
- d) Inspeção do casco para verificação da real espessura e situação da estrutura;
- e) Alimentação do módulo de engenharia com as reais situações do casco;
- f) Projeto final de reforço;
- g) Fabricação e montagem dos reforços estruturais;
- h) Substituição do sistema de propulsão e geração.

Na Figura 9, é identificado o momento da realização de uma docagem de um casco para conversão no estaleiro Feels em Cingapura.

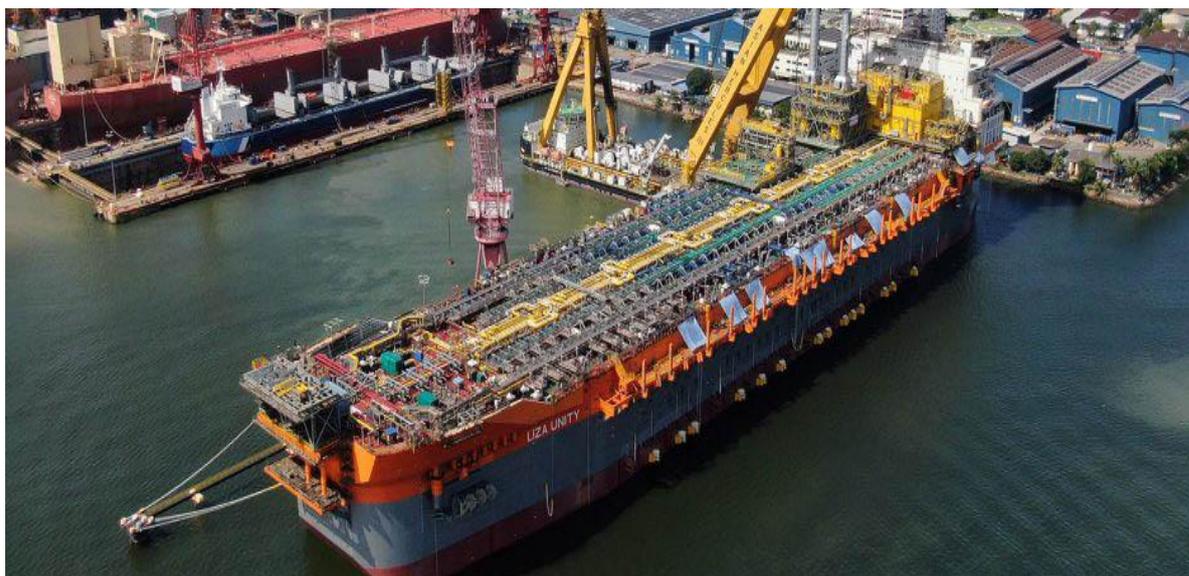
Figura 9 – Estaleiro Feels em Cingapura, líder no setor de conversão de cascos



Fonte: Lepic (2020).

A metodologia dos cascos novos *offshore* representa hoje aproximadamente 75 unidades já construídas. Essa nova concepção de cascos novos vem ganhando força na indústria *offshore*, pois os grandes operadores como SBM e Modec vêm investindo muito nesse tipo de metodologia (FLOATING..., 2019). Nomeados como Fast4 Ward, nos cascos da SBM, e M350, nos cascos da Modec, a padronização do produto e a necessidade de cascos cada vez maiores (PLANO..., 2020) são fatores decisivos para esse novo método construtivo. Segundo a SBM (2020), a alternativa da padronização possibilita a execução dos cascos independente dos pedidos de construção dos FPSOs terem sido pelos seus clientes. Dessa forma, existe um ganho de tempo no projeto em torno de 12 meses, o que significa na prática um ganho de até US\$500 milhões para o cliente no valor presente do projeto. Em termos de engenharia, os cascos novos são mais largos com mais de 60 metros de largura, dando mais estabilidade para o conjunto mesmo com a opção do balcão de *risers* em sua lateral. Além disso, podem acomodar melhor os módulos dos *top sides* que também podem ser padronizados, porém em uma menor escala dada a variedade das plantas de processo de cada tipo de FPSO. Sua forma possui poucas partes curvas que facilitam a construção e montagem das unidades e possibilitam o suporte de *top sides* com até 50.000 ton. A Figura 10 apresenta o primeiro casco da SBM no modelo casco novo, sendo atracado em estaleiro de Cingapura.

Figura 10 – Casco tipo *new building* Fast4Ward da SBM



Fonte: Fast4ward (2019).

O Quadro 6 indica as dimensões médias dos últimos cascos de FPSOs construídos com casco novos e convertidos. A tecnologia de adoção do casco novo ainda é nova e os resultados referentes a ganhos de manutenção e *performance* ainda serão avaliados nos próximos anos.

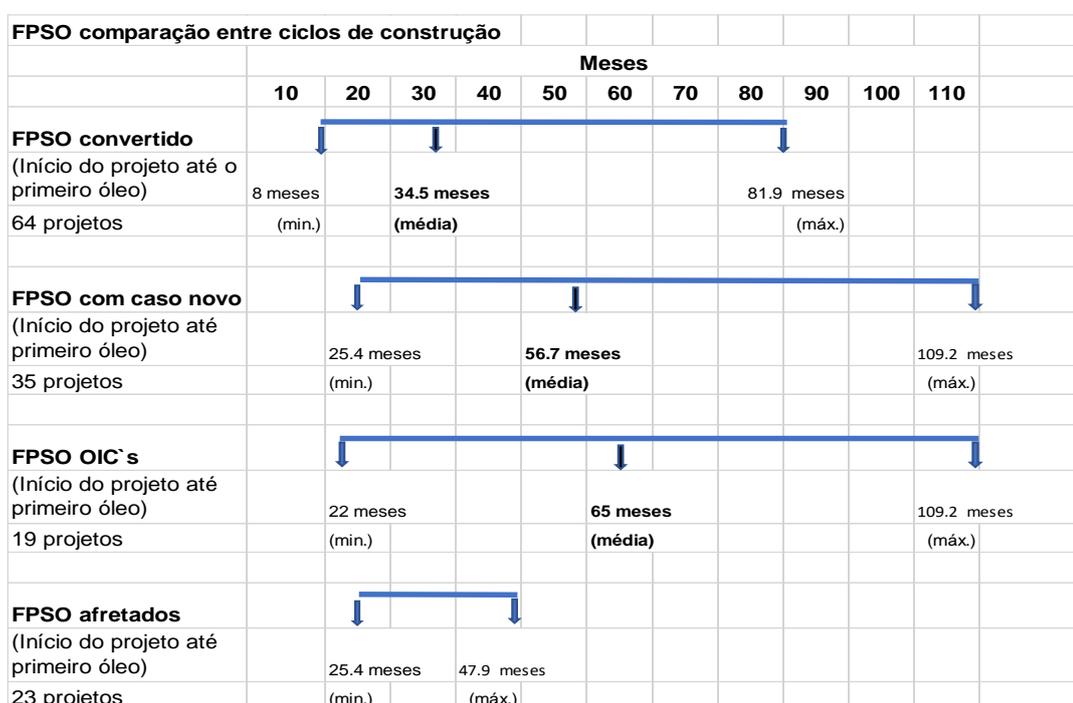
Quadro 6 – Comparação entre metodologia de cascos novos X cascos convertidos

	Casco Novo	Casco Convertido
Largura (m)	70	54
Comprimento (m)	270	330
Pontal (m)	30	27
Peso (t)	54.000	42.000
Custo (Milhões US\$)	250	120

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 11 analisa o tempo médio de construção da indústria de FPSOs asiática comparando-se os modelos de conversão e de cascos novos. Os números indicam que os projetos na metodologia de conversão possuem uma duração média de 34.5 meses contra 56.7 meses para construções de cascos novos. A Figura 11 também indica que as construções de FPSOs contratadas por afretadores, como SBM, Modec e BW, são mais eficientes que construções contratadas pelas IOCs como Petrobras, Shell e BP.

Figura 11 – Comparação dos ciclos de construção de FPSOs conversões e casco novo



Fonte: *Offshore Magazine* (2019).

Do início da construção do casco até o seu lançamento, os estaleiros asiáticos demandam, no máximo 20 meses, processando, 2.720 t/mês de produto acabado (54.410 t / 20 meses), o que corresponde à ocupação máxima da oficina de aproximadamente 60.000 m², que estão de acordo com recentes estudos de produtividade como Kolich, Storch e Fafandjel (2017). Já para os módulos, a taxa média de 1.296 t/mês de produto acabado (25.933 t / 20 meses), significa aproximadamente a ocupação de uma oficina de 20.000 m². Ambas as necessidades de oficina estão muito aquém da capacidade máxima instalada dos estaleiros asiáticos como discutido no Quadro 6.

A partir das informações levantadas durante a pesquisa, pode-se estimar o tempo médio para construção de um FPSO nos estaleiros asiáticos no modelo de casco novo de 48 meses e detalhado na Figura 12. As fases principais da construção foram detalhadas utilizando a ferramenta do MS Project e estão indicadas no Apêndice A do trabalho.

Os contratos atuais de FPSO com casco novo seguem basicamente os seguintes atividades e marcos, detalhados na Figura 12: execução da engenharia em 12 meses; construção de casco e módulos no máximo em 20 meses, 12 meses para integração e mais 4 meses transporte e instalação, totalizando 48 meses de projeto. Destaca-se o fato de que as grandes afretadoras como SBM e Moddec, que possuem suas tecnologias próprias de projeto e padrões de FPSOs geralmente desenvolvem a engenharia antes da efetivação dos contratos juntos às IOCs, proporcionando uma redução no tempo total do projeto de até 12 meses.

Para que seja possível a construção de cascos e módulos em no máximo 20 meses, pode-se concluir que os processos principais dos estaleiros como fabricação, submontagem, montagem, *pré-outfitting*, pintura, pré-edificação e edificação devem demandar no máximo 13 meses cada um.

Figura 12 – Cronograma de construção de FPSOs em estaleiros asiáticos

	Duração (Meses)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Engenharia	12	■			
Construção Casco	20		■	■	
Construção Módulos	20		■	■	
Integração	12			■	■
Transporte + Instalação	4				■

Fonte: elaborada pelo autor.

As unidades de FPSO possuem custo médio atual estimado em US\$ 1,0 bilhão (MCCAUL, 2021). A partir dessa informação, foi possível propor custos de construção para cascos, módulos e integração.

A construção de novos cascos *offshore* segue os mesmos métodos de produção dos cascos tradicionais navais que também possuem quantidade significativa de aço (TANAKA; TAKANO, 2017), o que representa uma vantagem a mais desse tipo de metodologia. Tal constatação revela-se como grande vantagem dos estaleiros asiáticos, particularmente da China e Coreia do Sul, que conseguem otimizar seus recursos materiais para ambas as construções – *offshore* e naval tradicional –, proporcionando maior ganho em escala de produto. A elevada quantidade de aço, que possui custo médio de matéria-prima na ordem de US\$1.00/kg, faz com que o valor agregado de um casco se situe em torno de 250 milhões para uma unidade de 180 mil barris de armazenagem com peso aproximado de 54 mil toneladas e entre US\$ 3,70/Kg e US\$ 4,62/Kg de produto final industrializado (MCCAUL, 2021).

As atividades de construção dos módulos, devido às suas características de possuírem elevadas porcentagem de equipamentos e tubulações, seguem o plano mais industrial de processo para sua fabricação. Para uma unidade padrão de FPSO, são necessárias aproximadamente 24 unidades de módulos de processo (1500 t/módulo). Cada módulo possui aproximadamente 25 metros de largura com 30 metros de comprimento, altura média de 30 metros. Dessa forma, a construção de módulos é mais cadenciada, exigindo um detalhado método construtivo que permita a interação simultânea de estrutura, equipamentos – fator crítico de *lead time* fornecimento – e tubulação, de modo que é possível e muito usual dividir a construção dos módulos em diversos estaleiros. O aço das estruturas dos módulos possui características mais

próximas de aço mecânico. Essa diferença na caracterização do produto permite distinguir os estaleiros navais – que constroem somente navios – dos estaleiros *offshore*, que possuem maiores infraestruturas, mais recursos tecnológicos e acervo técnico para também construir os módulos, além dos cascos flutuantes. Os módulos possuem valor agregado bem maior que os cascos devido à presença de equipamentos, tubulações e cabos, com valores unitários na ordem de US\$ 35 milhões o que representa aproximadamente US\$ 28,84/Kg frente ao seu peso médio de 25 mil toneladas aproximadamente.

Os custos estimados de construção de um FPSO em estaleiros asiáticos podem ser resumidos de acordo com o Quadro 7:

Quadro 7 – Estimativa de estrutura de custo nos estaleiros asiáticos

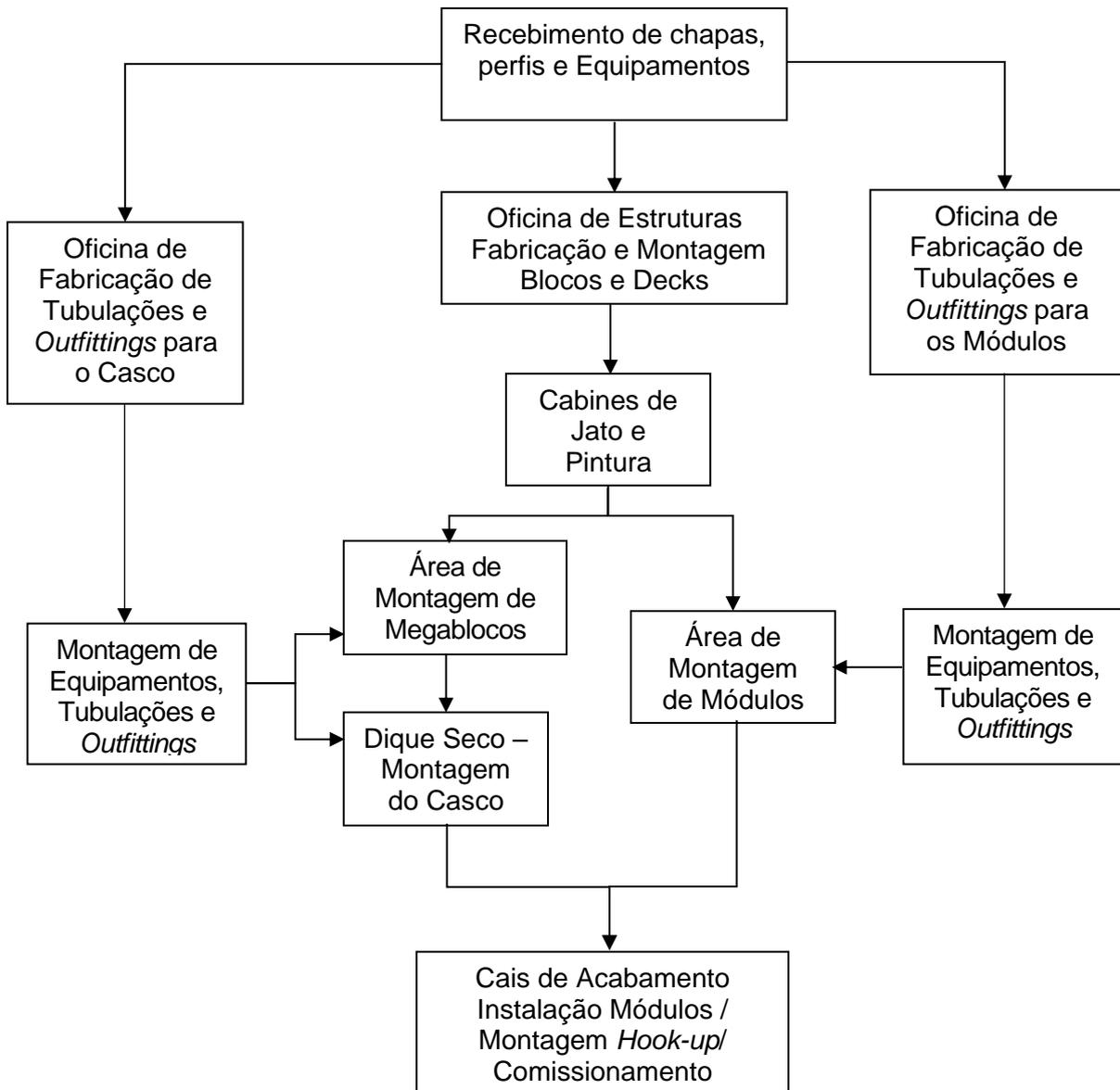
Nível 1	Nível 2	Atividade	Nível 1 (%)	Nível 2 (%)	Valor (em milhões US\$)
1		Engenharia	2%		20
2		Casco	25%		250
	2.1	Materiais básicos		5%	50
	2.2	Equipamentos		5%	50
	2.3	Construção		15%	150
3		Módulos	65%		650
	3.1	Materiais básicos		7%	70
	3.2	Equipamentos		45%	450
	3.3	Construção		13%	130
4		Integração	5%		50
	4.1	Materiais básicos		1%	10
	4.2	Equipamentos		1%	10
	4.3	Construção		3%	30
5		Instalação	3%		30
		Total	100%		1.000

Fonte: elaborado pelo autor.

Os níveis 1 de custo de obras *offshore* tipo FPSO correspondem aos grupos de: engenharia – projetos básicos e detalhados –, construção de casco e módulos, integração e instalação. O nível 2 compreende os custos de materiais básicos, suprimentos de equipamentos e construção dos estaleiros. Analisando a estrutura de custo, percebe-se que os custos com equipamentos correspondem a 51% dos custos totais de uma unidade e materiais básicos com 13%. Os custos de construção são responsáveis por 31% de uma unidade, enquanto a engenharia possui 2% de representatividade nos custos. O casco, por possuir poucos equipamentos em sua composição, conforme detalhado na árvore do produto (tópico 4.2.1), possui menor valor agregado (25%) do que os módulos (65%) que possuem alta predominância de equipamentos.

As características de infraestrutura contidas no Quadro 5 proporcionam típico *modus operandi* de construção dos FPSOs dos estaleiros asiáticos, revelando uma moderna dinâmica do estado da arte atual dessas unidades, conforme pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Fluxo de produção de um FPSO em estaleiros asiáticos



Fonte: elaborada pelo autor.

Ainda de acordo com a Figura 13, pode-se detalhar as principais macro-operações dos estaleiros asiáticos em evidência, quais sejam:

- ⇒ Cais de recebimento: área de recebimento de chapas, perfis e equipamentos, que funciona como um porto privativo para os estaleiros;
- ⇒ Oficina de estruturas: executa os processos de corte de aço, submontagem de peças com as primeiras soldas geralmente limitadas a 30 toneladas de peso e montagem final de *decks* e blocos com pesos que podem chegar a

350 toneladas na fabricação dos blocos. Um casco de FPSO é composto por aproximadamente 142 blocos. Já os *decks* pesam aproximadamente 150 tons, sendo que um *top side* completo possui aproximadamente 125 *decks*. A oficina de estruturas representa, atualmente, junto com a área de fabricação de tubulações, a área mais automatizada dos estaleiros com forte aplicação da tecnologia industrial. Representa ainda a área mais produtiva do estaleiro com índices baixíssimos de HH/t fabricada;

- ⇒ Oficinas de fabricação de tubulações (*pipe-shop*): oficina especializada em fabricação de tubulações. Processo bem significativo para os módulos conforme árvore de produto acima. Da mesma forma, a oficina de estruturas representa, atualmente, a área mais automatizada dos estaleiros com forte aplicação da tecnologia industrial. Representa a área mais produtiva do estaleiro com índices baixíssimos de HH/t fabricada;
- ⇒ Oficinas de fabricação de *outfttings*: oficina especializada em fabricação de *outfttings*. Área de alto nível de automatização, porém sem muita relevância de HH dado o processo simples de fabricação desse tipo de estrutura;
- ⇒ Acabamento avançado e instalação de *outfttings*: após os blocos e *decks* serem fabricados e antes de entrar na cabine de jato e pintura, são instalados os *outfttings* que requerem soldas denominados *hot outfttings*;
- ⇒ Cabine de jato e pintura: após a construção dos blocos e *decks*, estes são deslocados para dentro das cabines de jato e pintura onde recebem a pintura até a demanda final. Área com investimento significativo em maquinário e controle de temperatura e umidade, uma vez que as estruturas *offshore* demandam longo tempo de garantia da pintura (mais que 20 anos);
- ⇒ Área de montagem de megablocos (também chamada de área de pré-edificação): área geralmente coberta com galpões móveis. Nesse estágio, os blocos são unidos em peças que podem chegar a 1.500 toneladas. Um casco de FPSO tem aproximadamente 33 unidades de megablocos. Nessas áreas, são instalados também os *outfttings* que não queimam, tubulações e equipamentos dentro da estrutura dos megablocos;
- ⇒ Área de montagem de módulos (também chamada de área de edificação): área geralmente aberta. Atualmente, os maiores módulos estão com peso

entre 1.500 e 3 mil toneladas. Nessas áreas, são instaladas também todos os *outfittings*, tubulações e equipamentos;

- ⇒ Dique seco (também chamado de área de edificação): no dique seco, os megablocos são unidos até que o casco atinja o seu formato final. São instalados os *outfittings*, tubulações, equipamentos e cabos elétricos finais do casco;
- ⇒ Cais de acabamento: local onde os módulos são instalados sobre os cascos e o FPSO é comissionado até finalização da construção. Nesse estágio, são instalados todos os *outfittings* e tubulações de conexão (denominados *hook-up*), bem como os cabos elétricos de conexão entre casco e módulos.

Através das infraestruturas pesquisadas e com base no cronograma padrão de construção dos estaleiros asiáticos, pode-se propor o seguinte Quadro 8 de tempos de produção para construção de cascos e módulos com recursos de automatização.

Quadro 8 – Tempos de processo X Ritmo (t/mês) X Automatização X HH¹/t

	Tempo total Processo (meses)	Ritmo (t/mês)	Automatização (Nível tecnológico)	HH/t
Fabricação	13	6180	5	3,81
Submontagem	13		4	23,31
Montagem	13		4	24,40
Pré- <i>Outfitting</i>	13		2	144,16
Pintura	13		4	2,02
Pré-Edificação	13		3	18,74

Edificação	13		3	13,45
<i>Outfitting</i> Final	13		2	137,32

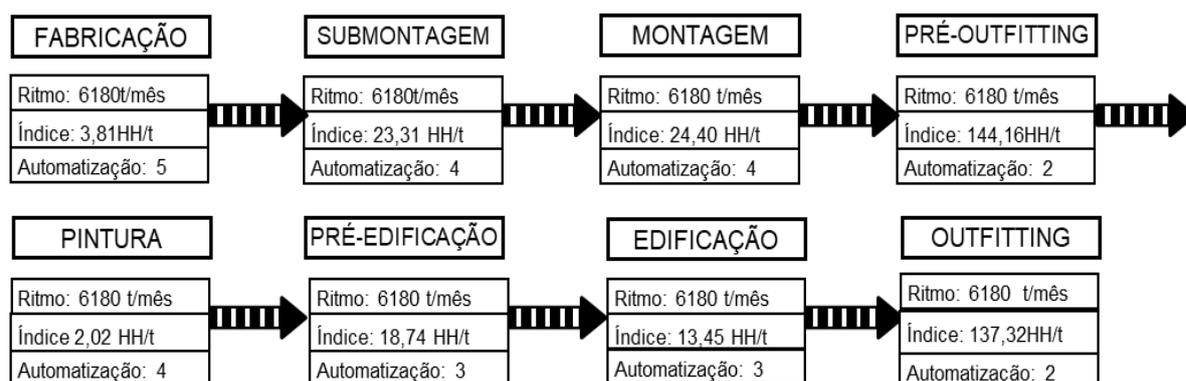
Fonte: elaborado pelo autor.

1. HH – Homem-hora

Considerando que o peso total de um FPSO na concepção de construção de um caso novo está na ordem de 80.342 toneladas e os processos principais de fabricação a edificação irão demandar um tempo de 13 meses, pode-se definir como ritmo médio da produção o valor de 6.180 t/mês de unidade pronta. O nível de automatização foi definido como “1” para pouco automatizado e “5” para muito automatizado. Os valores de HH/t foram estabelecidos com base nos dados disponíveis nas pesquisas realizadas sobre a produção dos estaleiros asiáticos.

Adicionalmente às informações de produtividade e características da produção dos estaleiros asiáticos, foi estimado os principais processos produtivos de construção de um FPSO na Ásia, mostrados na Figura 14 e detalhados no Apêndice C. Para definição do fluxograma de processo, foi definido uma capacidade de entrega semanal de aço de 2.000 t, fluxo processo puxado pela montagem de blocos (semiacabado fundamental da produção) e edificação final (área mais cara e crítica do estaleiro). As entregas dos *outfttings* na linha de produção acontecem através de *pallets* na sequência produtiva definida sem acúmulo de estoques.

Figura 14 – Principais processos produtivos de construção de um FPSO na Ásia



Fonte: elaborada pelo autor.

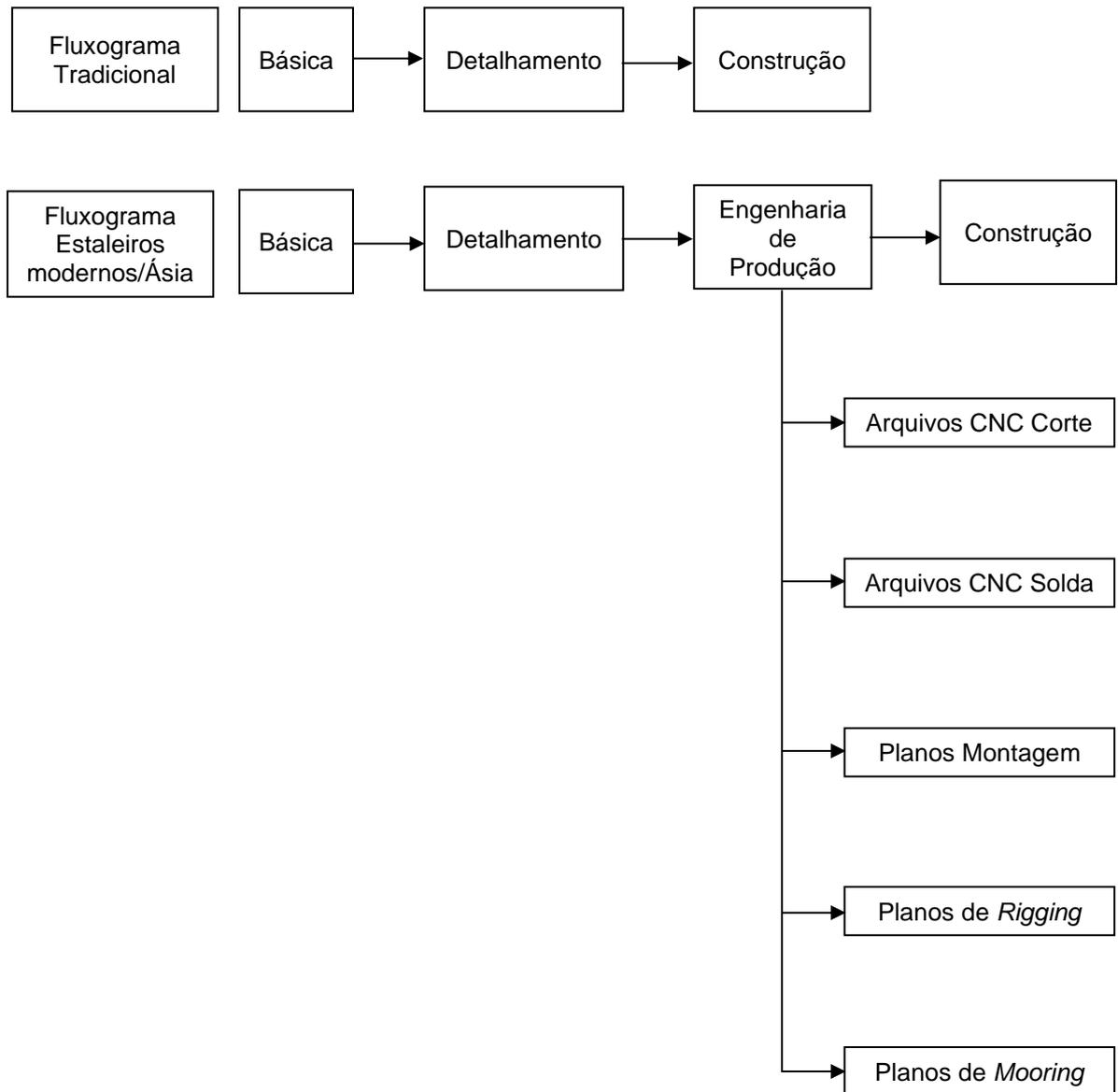
Outro aspecto relevante identificado na pesquisa desses estaleiros diz respeito à significativa evolução das técnicas de engenharia *offshore* praticada nesses referidos países, à intensa incorporação de recursos de automatização dos processos, principalmente na interface homem/máquina, bem como a redução ao máximo dos *downtimes* – termo utilizado para paradas não esperadas – de produção fez com que os estaleiros recorressem a criação de mais um estágio de engenharia, chamado de engenharia de produção. Esse departamento utiliza as informações geradas pela equipe de engenharia de detalhamento e realiza a tradução dessas informações para a equipe da produção.

As responsabilidades da engenharia de produção em um estaleiro são:

- Divisão dos cascos em blocos em megablocos;
- Geração dos arquivos de controle numérico (CNCs) para corte;
- Geração de arquivos de controle numérico para soldagem;
- Divisão das peças em submontagens;
- Detalhamento das informações de calibres e chanfros de solda;
- Planos de transporte de megablocos;
- Planos de *rigging* dos megablocos;
- Plano de docagem;
- Planos de *rigging* dos módulos;
- Plano de *mooring* dos FPSOs.

A Figura 15 sumariza o fluxograma do processo dos modernos estaleiros asiáticos.

Figura 15 – Fluxograma dos processos de engenharia



Fonte: elaborada pelo autor.

Como as atividades de engenharia de produção do estaleiro estão diretamente relacionadas com as infraestruturas de cada unidade, esses profissionais são integrados ao corpo técnico de cada empresa. Grandes corporações, como a Cosco Heavy Industry, possuem mais de 3 mil profissionais qualificados para essa função (SHIPPING, 2021).

Entre os sistemas mais utilizados pelos profissionais de engenharia, pode-se destacar:

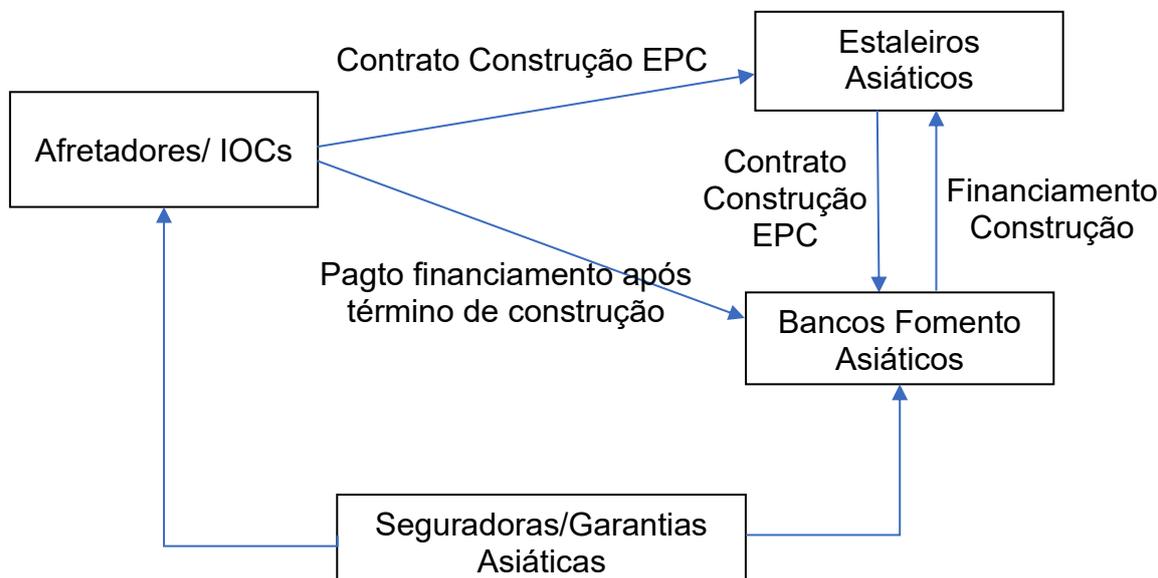
- Aveva, do grupo Schneider Electric: liderança no setor naval e *offshore*. Teve seu início nos estaleiros coreanos. Seus módulos são divididos em: estrutura, tubulação, *outfittings*, controle de materiais e gerenciamento da produção;
- Intergraph do grupo Hexagon: recentemente, modernizou suas ferramentas de engenharia oriundas da área de refino e petroquímica para entrar no mercado de *offshore*. As funções são similares ao do Aveva. O sistema é amigável e consegue ler o banco de dados da Aveva.

Os recentes avanços da Coreia do Sul na instalação da rede 5G realizada em 2019 e os investimentos da China para ter a mesma capacidade nos próximos anos trazem a expectativa de um novo forte ciclo de crescimento da indústria *offshore* asiática. Destaca-se atualmente na indústria coreana utilização constante de gêmeos digitais e simuladores do ambiente de produção com o intuito do ganho de produtividade (LEE; JU; WOO, 2020).

Outro aspecto relevante do mercado asiático *offshore* é a estrutura de financiamento dos projetos que são executados em seus países. Conforme consta em IPEA (2014), os grandes conglomerados desses países possuem em sua estrutura societária a participação do governo através de bancos de fomento, de acordo com o ilustrado na Figura 16. Dessa forma, os estaleiros oferecem para seus clientes afretadores e empresas de petróleo IOCs menor exposição e risco para a *performance* da atividade de construção, além de permitir maior alavancagem para os mesmos clientes. Ambos os fatores são relevantes, pois as empresas IOCs do setor *offshore* precisam realizar os investimentos em *Capex* não somente nas infraestruturas flutuantes (FPSOs), mas em outras facilidades de alto valor como: portos, *subseas* (infraestruturas marítimas), e plataformas de perfuração dentre outras.

Este fator de financiamento atrelado ao estaleiro construtor foi um recurso bastante utilizado pela Petrobras a partir de 2015 para redução da sua alavancagem alcançando até seis vezes as suas EBITDAs, sigla que representa os lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização operacionais, muito utilizada pelo mercado financeiro para aferir a saúde financeira de uma organização.

Figura 16 – Arranjo simplificado do sistema de financiamento e garantias do mercado asiático



Fonte: elaborada pelo autor.

4.2.2 Análise crítica da indústria de construção *offshore* brasileira

Os resultados da análise crítica da indústria de construção *offshore* brasileira foram organizados em duas seções: “Infraestruturas dos estaleiros brasileiros” e “Detalhamento da produção”.

4.2.2.1 Infraestruturas dos estaleiros brasileiros

O segmento industrial dos estaleiros brasileiros, por sua vez, foi recém-revitalizado. Significativos investimentos em novas oficinas, diques secos, pátios e cais foram realizados em muitas dessas indústrias com objetivo de atender às demandas das construções *offshore*. De forma resumida, conforme consta no Quadro 9, foram identificados os seguintes estaleiros capazes de atuarem na construção dos FPSOs:

Quadro 9 – Infraestrutura de estaleiros brasileiros de construção *offshore*

Unidade	Oficina de Fabricação e Montagem (m2)	Dique Seco Comprimento x Largura (m)	Modo de Integração	Cais Comiss. (m)
EAS/PE	84.000	400 x 80	Goliath Crane (2x 1.500 t)	700
Enseada/BA	72.000	300 x 85*	Goliath Crane (1 x1.800 t)	700
Jurong/ES	67.500	Não possui	Guindaste Flutuante (1 x 3.600 t)	930
BrasFels/RJ	29.278	133 x 100	Goliath Crane (1 x 2.200 t)	590
Ecovix/RS	68.145	350 x 130	Goliath Crane (1 x 2.200 t)	361
EBR/RS	21.275	Não possui	Guindaste de Terra (1 x 3.600 t)**	521

* Em fase final de construção.

** Equipamento móvel mobilizado conforme demanda. Não faz parte das infraestruturas do estaleiro.

Fonte: elaborado pelo autor.

Dos estaleiros brasileiros identificados no Quadro 9, o Estaleiro Atlântico Sul (EAS) e Ecovix possuem infraestruturas muito similares, sobretudo no que diz respeito às integrações as quais precisam ser realizadas dentro do dique seco para utilização do *Goliath Crane*. Dessa forma, não é possível realizar operações de construção de casco em paralelo com as atividades de integração conforme evidenciado no *layout* apresentado nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – *Layout* estaleiro Atlântico Sul



Fonte: Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2019).

Figura 18 – *Layout* estaleiro Ecovix Fonte: apresentação Petrobras (2015)



Fonte: Alonso (2015).

O estaleiro Enseada, além de dispor de uma infraestrutura igualmente moderna e similar ao EAS e ao ECOVIX, apresenta um arranjo mais compatível na área de integração com o *Goliath Crane*, percorrendo toda área terrestre de construção de módulos, casco e molhada. Os seus trilhos, conforme ilustrado na Figura 19, possuem mais de 1km de extensão, permitindo a movimentação do guindaste em todo esse percurso. Esse inovador conceito possibilita ao Enseada ter, além do dique seco (ainda em construção), área denominada de dique molhado. Esse *layout* possibilita maior dinamismo nas atividades de construção *offshore* favorecendo a integração dos módulos em paralelo às atividades de construção do casco.

Figura 19 – *Layout* do estaleiro Enseada Indústria Naval



Fonte: Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e *Offshore* (2018).

O estaleiro Jurong, por sua vez, possui uma infraestrutura diferente tendo foco nas atividades de construção de módulos e integração. Os içamentos dos módulos são realizados através de um guindaste flutuante, equipamento do próprio estaleiro que possui capacidade de içamento de até 3.600 t, despontando como o equipamento de movimentação de carga de maior capacidade operando no Brasil. Devido à inexistência do dique seco, o estaleiro certamente não apresenta as condições para receber potenciais encomendas de construção de cascos novos. As oficinas de

estrutura e tubulação complementam seu *layout*, conforme pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 – *Layouts* do estaleiro Jurong



Fonte: Furong ([2020]).⁴

O estaleiro BrasFeels, em Angra dos Reis, é o mais antigo dos estaleiros *offshore* do Brasil, tendo iniciado suas operações no ano 2000. Dos estaleiros brasileiros, é o que possui maior acervo técnico em construções *offshore* com 12 projetos concluídos. Assim como o estaleiro Jurong, o estaleiro não é capaz de construir um casco de FPSO, visto que o dique existente é de pequeno porte (133 x 100 m), sendo dimensionado para construção de cascos de plataformas semissubmersíveis. Sua área de integração é similar ao estaleiro Enseada, contudo equipado com um pórtico *Goliath Crane* de expressiva capacidade (2.200 t), sendo utilizado como função principal o içamento dos módulos com o casco flutuando, conforme ilustrado na Figura 21.

⁴ Ver em: <http://www.jurong.com.br/eja-project/mockup>.

Figura 21 – *Layout* do estaleiro BrasFels

Fonte: ClickPetroleo (2021).⁵

Por sua vez, o estaleiro EBR, localizado no Rio Grande do Sul, com a menor área de oficinas dentre os demais estaleiros (21.275 m²), também possui os *layouts* mais simples dentre estes, com uma área de oficinas muito reduzida, possuem os *layouts* mais simples dos estaleiros *offshore*. Além do mais, o EBR não dispõe de dique seco e nem *Goliath Crane*, o que não o qualifica para a construção de cascos de FPSO. A Figura 22 revela uma vista geral desse estaleiro em que as integrações são realizadas através da instalação de um guindaste móvel de terra com capacidade de içamento de até 3.600 t. Esse equipamento não faz parte das infraestruturas do estaleiro, é mobilizado conforme demanda.

⁵ Ver em: <https://clickpetroleoegas.com.br/>.

Figura 22 – *Layout* do estaleiro EBR

Fonte: Quem somos ([20--]).

4.2.2.2 *Detalhamento da produção dos estaleiros brasileiros*

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (2018), o tempo estimado para construção *offshore* no Brasil situa-se em torno de 24 meses para construção de módulos e 12 meses entre o início da integração com o casco até o final do comissionamento, contudo não considera os efeitos da redução desse tempo com base na curva de aprendizado, o qual poderá diminuir gradualmente ao longo dos 10 anos de construção sequenciada.

Os contratos atuais de FPSO com casco novo tendem a seguir basicamente atividades e marcos, mostrados no Quadro 10, quais sejam: execução da engenharia em 12 meses, construção de casco e módulos em 24 meses no mínimo, outros 12 meses para integração e mais quatro meses para transporte e instalação, totalizando 48 meses de projeto. Para que seja possível a construção de cascos e módulos em 24 meses, faz-se necessário que os processos principais dos estaleiros como fabricação, submontagem, montagem, *pré-outfitting*, pintura, *pré-edificação* e *edificação* demandem no máximo 17 meses cada um. O detalhamento de cada um nos processos no tempo encontra-se no Apêndice B do trabalho.

Quadro 10 – Proposta de construção de FPSOs em estaleiros brasileiros

	Duração (Meses)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Engenharia	12					
Construção Casco	24					
Construção Modulos	24					
Integração	12					
Transporte + Instalação	4					

Fonte: elaborado pelo autor.

Através das infraestruturas pesquisadas e com base no cronograma padrão de construção dos estaleiros brasileiros do Quadro 10 e do Apêndice B, pode-se propor o seguinte quadro de tempos de produção para construção de cascos e módulos com recursos de automatização.

Quadro 11 – Tempos de processo X Ritmo (t/mês) X Automatização X HH/t

	Tempo total Processo (meses)	Ritmo (t/mês)	Automatização	HH/t
Fabricação	17	4726	3	5,26
Submontagem	17		2	33,47
Montagem	17		2	35,99
Pré- <i>Outfitting</i>	17		1	189,33
Pintura	17		3	3,30
Pré-Edificação	17		2	28,42
Edificação	17		2	19,05
<i>Outfitting</i> Final	17		1	147,88

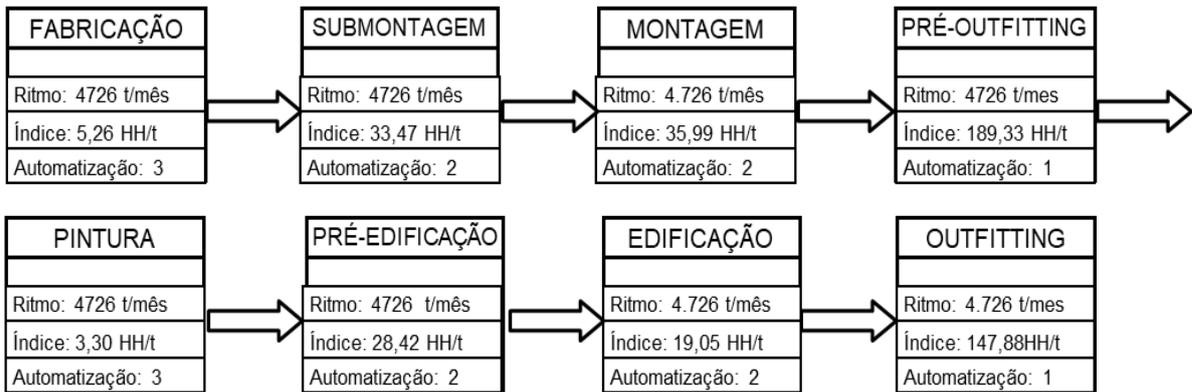
Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando que o peso total de um FPSO na concepção de construção de um caso novo situa-se em torno de 80 mil toneladas e que os processos de fabricação e edificação demandam um tempo aproximado de 17 meses, pode-se estimar um ritmo médio da produção em torno de 4.726 t/mês de unidade pronta. Os valores de HH/tonelada foram estimados com base nos dados disponíveis nas pesquisas realizadas sobre as produções dos estaleiros asiáticos.

Adicionalmente às informações de produtividade e características da produção dos estaleiros asiáticos, foi estimado o fluxo produtivo final do estaleiro asiático para construção dos cascos e módulos, conforme mostrados na Figura 23 e detalhado no Apêndice D. Para estabelecer o fluxograma de processo, foi estimado uma capacidade de entrega trimestral de 12.000 t de aço através de lotes de recebimento via importação do exterior e fluxo do processo empurrado pela fabricação de peças

devido à ociosidade atual dos estaleiros até a área edificação final. A sequência produtiva foi definida com acúmulo de estoques intermediários dado à falta de experiência avançada com o tipo de construção.

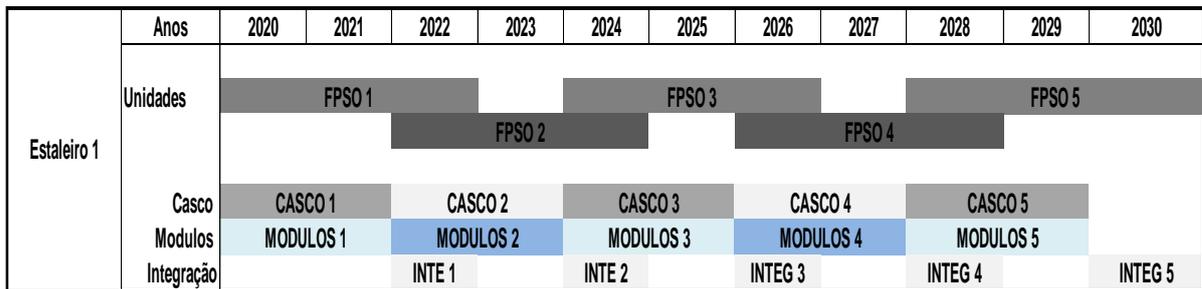
Figura 23 – Principais processos produtivos de construção de um FPSO no Brasil



Fonte: elaborada pelo autor.

As construções de casco e módulos podem ser iniciadas simultaneamente e até mesmo em estaleiros independentes, conforme pode ser observado no cronograma proposto na Figura 24 (até o ano de 2030), considerando-se a infraestrutura nacional disponível e considerando também uma construção seriada para efeitos de ganho de curva de aprendizagem.

Figura 24 – Cronograma de construção e montagem de cinco unidades FPSO seriadas



Fonte: elaborada pelo autor.

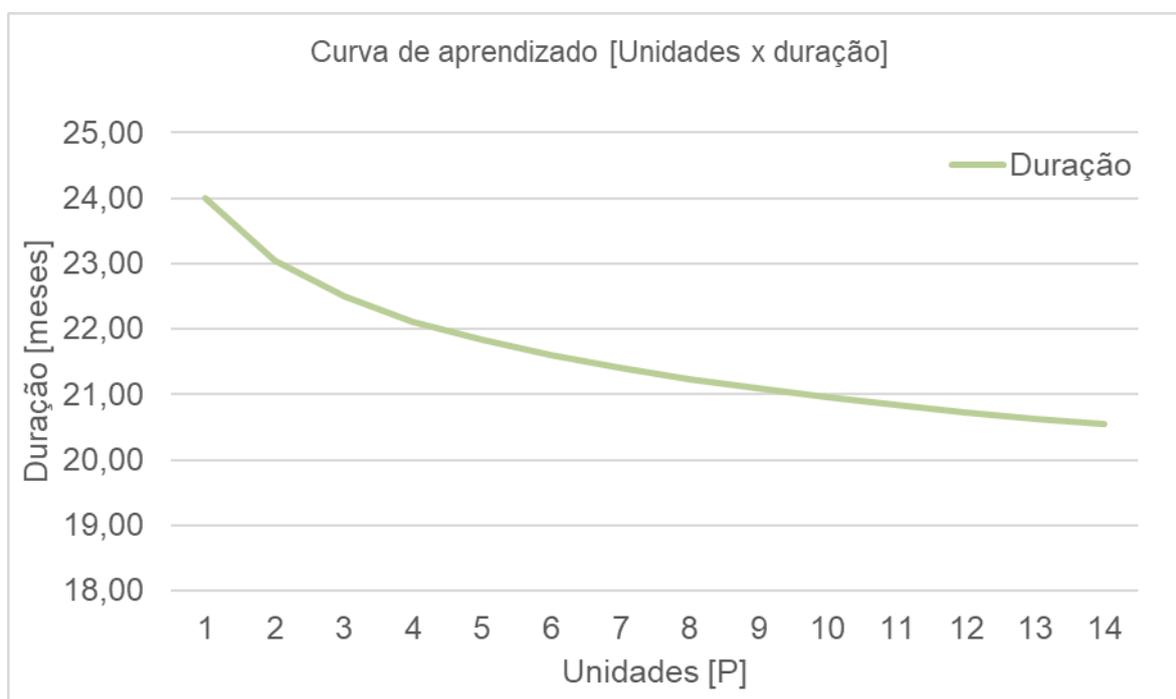
O modelo de construção seriada proposto na Figura 24, se implementado, poderá ser melhorado, considerando os efeitos da curva de aprendizagem admitindo-se gradual redução do tempo de montagem das sucessivas construções, com base no primeiro contrato. Estima-se um coeficiente de aprendizado médio entre 3% e 5%,

intercalado entre as conclusões de dois projetos sucessivos, tomando-se como referência as plataformas P-59 e P-60, no estado da Bahia, construídas por consórcio de empresas brasileiras no município de Maragogipe, entre os anos 2008 e 2013 (AGÊNCIA PETROBRAS, 2012). De acordo com a Equação 4, admitindo-se um coeficiente de aprendizagem intermediário (4,0%), e considerando-se como sendo 24 meses (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018) o tempo de construção da primeira dentre as 42 plataformas possíveis de serem construídas até o ano de 2030, pode-se calcular a estimativa de tempo médio necessário para concluir integralmente cada uma dessas unidades. Os resultados da Equação 4 foram descritos no Gráfico 2.

Equação 4 – Equação de curva de aprendizado

$$t_{14} = 24 \times 14^{\frac{\ln(0,96)}{\ln(2)}} = 20,5 \text{ meses}$$

Gráfico 2 – Curva de aprendizagem por unidade



Fonte: elaborado pelo autor.

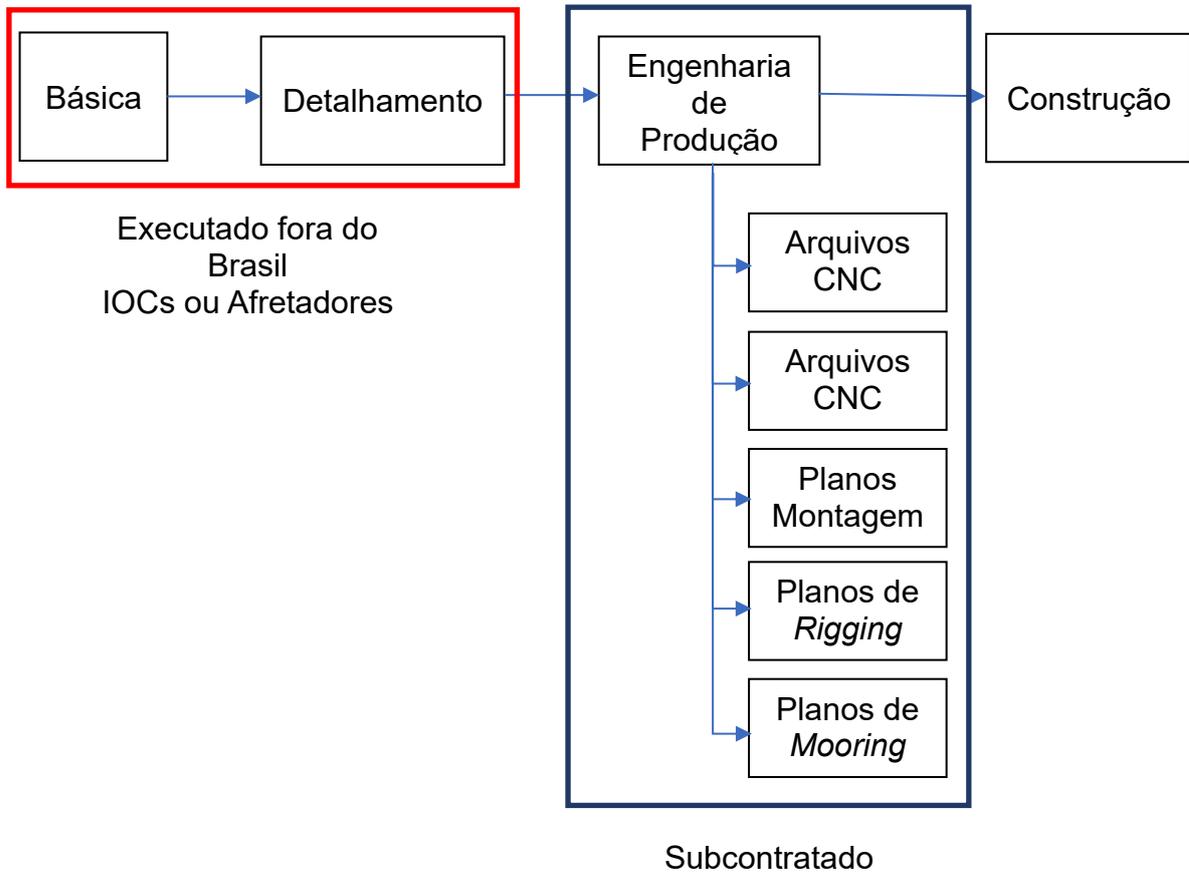
Baseado nos dados históricos encontrados, estima-se que após a construção da 14ª unidade a ser construída no período de 10 anos, será possível reduzir o tempo de construção de 24 meses para aproximadamente 20 meses, o que colocaria a indústria brasileira *offshore* dentro de valores competitivos frente ao praticado hoje

pelos estaleiros asiáticos estimados em no máximo 20 meses para a atividade. Pode-se concluir que os estaleiros brasileiros precisariam de 10 anos de encomendas sequenciadas para que eles alcancem a produção dos estaleiros asiáticos.

Em termos de riscos dos projetos de construção *offshore*, estes tendem a ser muito diferentes quanto ao escopo realizado. Nos projetos em que os estaleiros executam as atividades de construção dos cascos, módulos e integração, os riscos associados tendem a ser muito altos se comparados apenas com os riscos associados às atividades de construção de módulos e integração.

Quanto às atividades de engenharia, a maioria dos projetos básicos e de detalhamento são executados fora do Brasil em empresas especializadas. A engenharia de produção dos estaleiros brasileiros está em processo de aprendizado e desenvolvimento pela indústria local. Algumas empresas estrangeiras como Doris, Genova e Toyo Setal apresentam-se no mercado brasileiro como alternativas para execução das atividades de engenharia de produção dos estaleiros no modelo de subcontratação enquanto as nacionais aperfeiçoam-se suas tecnologias. As grandes integrações dos sistemas estão direcionadas à criação dos arquivos CNCs originados diretamente dos modelos 3D base do *design* dos cascos e módulos *offshore*. Não há nenhuma evidência, por enquanto, do desenvolvimento de comandos robotizados para construção nos estaleiros brasileiros. A Figura 25 resume o fluxograma do arranjo atual dos procedimentos de engenharia geralmente estabelecidos nos estaleiros nacionais.

Figura 25 – Fluxograma tradicional para execução das atividades de engenharia nos estaleiros brasileiros



Fonte: elaborada pelo autor.

Conforme definido na árvore do produto (tópico 4.1.2), o aço estrutural, principal componente dos FPSOs (em torno de 47 mil toneladas por unidade), é produzido no Brasil em duas siderúrgicas localizadas no estado de Minas Gerais: Usiminas (município de Ipatinga) e Gerdau (município de Ouro Branco). Destaca-se que essas siderúrgicas se encontram muito distantes dos estaleiros brasileiros e no interior do estado de Minas Gerais, dificultando o acesso logístico e escoamento de produção. De modo geral, nos países asiáticos, as siderúrgicas encontram-se nas áreas de influência portuárias.

As linhas férreas da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) e Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), contudo ligam ambas as siderúrgicas, sendo o porto mais próximo de Tubarão no estado do Espírito Santo com uma distância de 420 km aproximadamente. Alguns estaleiros como Jurong (Aracruz/ES) e BrasFels (Angra dos Reis/RJ) possuem relativa proximidade com as siderúrgicas da Gerdau e Usiminas

identificadas no Quadro 12, podendo ser um relevante fator para potencial competitivo frente aos outros estaleiros.

Quadro 12 – Distância dos Estaleiros Brasileiros até às siderúrgicas

Unidade	Localização	Distância em km
EAS	Ipojuca/PE	1.802
Enseada	Maragogipe/BA	1.032
Jurong	Aracruz/ES	422
BrasFels	Angra dos Reis/RJ	670
Ecovix	Rio Grande/RS	2.145
EBR	Rio Grande/RS	2.144

Fonte: elaborado pelo autor.

Para abastecimento dos estaleiros, as operações de cabotagem são uma opção complementada pelo modal rodoviário. Destaca-se que o porto de Tubarão é muito demandado pelas operações de exportação de minério de ferro e da própria Gerdau e Usiminas que tem preferência para o mercado externo (70% da sua produção é para atendimento desses mercados) que possuem volume maior dificultando as operações de cabotagem que possuem volume e embarcações menores.

Os estaleiros brasileiros, diante de problemas de fornecimento de aço nacional – preço e regularidade no suprimento –, por muitas vezes optam como estratégia principal a importação desse material da Europa e da Ásia, sendo um dos fatores que podem trazer risco significativo para as construções, diante da possibilidade de descontinuidade dessas operações. Combinado a essas constatações, existe ainda a necessidade de realizar compras por lotes no exterior, de acordo com a taxa de produção, visto que exigem grandes áreas para estocagem e movimentação.

A maioria dos equipamentos mecânicos e elétricos dos FPSOs são montados e importados diretamente dos fornecedores fora do Brasil, principalmente em países da Europa e da China. Isso se deve ao fato de que os operadores de compras internacionais, visando a minimizar custos, possuem seus fornecedores cativos que fornecem insumos de equipamentos para construções em todo o mundo, concentrando suas gestões de suprimentos no *inconterms*, classificado como *ex-works*. Na parte das tubulações industriais, aproximadamente 240 mil toneladas previstas para os próximos dez anos, o Brasil não possui fabricação de aço das especificações inox e aço liga padrão super duplex, os quais são demandados pelos estaleiros. No mercado nacional, encontram-se apenas materiais tradicionais do tipo aço carbono. Essa indisponibilidade de material é crítica para os estaleiros visto que, além dos custos de importação, compromete o cronograma de produção. Os demais itens, a exemplo de materiais elétricos, como cabos, acomodação (com exceção do aço) e aqueles demandados na operação de *outfittings* são normalmente encontrados no mercado brasileiro, de modo que seu fornecimento não é crítico.

Avalia-se, portanto, que mesmo que os estaleiros pudessem absorver todas as demandas, a quantidade de insumos necessária para a construção das 42 unidades (plataformas) não é possível de ser integralmente adquirida no mercado brasileiro.

Em termos de custo do projeto de construção de FPSOs no Brasil, estima-se que os custos logísticos de mobilização de equipamentos e materiais possam representar em torno de 10% de custo adicional aos estaleiros brasileiros devido ao adicional de frete (IPEA, 2014). Adicionalmente pode estimar uma ineficiência do custo da produção brasileira frente à asiática em aproximadamente 50%. Por outro lado, a depreciação da moeda brasileira (Real) frente ao dólar compensa parte dessa improdutividade. O Quadro 13 indica os custos previstos para construção do FPSO nos estaleiros brasileiros estimados na ordem de 1,219 bilhões de dólares:

Quadro 13 – Custo de construção de um FPSO no Brasil

Nível 1	Nível 2	Atividade	Nível 1 (%)	Nível 2 (%)
1		Engenharia	2%	

2		Casco	27%	
	2.1	Materiais básicos		5%
	2.2	Equipamentos		5%
	2.3	Construção		18%
3		Módulos	63%	
	3.1	Materiais básicos		6%
	3.2	Equipamentos		41%
	3.3	Construção		16%
4		Integração	5%	
	4.1	Materiais básicos		1%
	4.2	Equipamentos		1%
	4.3	Construção		4%
5		Instalação	2%	
		Total		100%

Fonte: elaborado pelo autor.

Os níveis 1 de custo de obras *offshore* tipo FPSO correspondem aos grupos de: engenharia – projetos básicos e detalhados –, construção de casco e módulos, integração e instalação. O nível 2 compreende os custos de materiais básicos, suprimentos de equipamentos e construção dos estaleiros. Analisando a estrutura de

custo, percebe-se que os custos com equipamentos correspondem a 47% dos custos totais de uma unidade e materiais básicos com 12%. Os custos de construção são responsáveis por 38% de uma unidade, enquanto a engenharia possui 2% de representatividade nos custos. O casco, por possuir poucos equipamentos em sua composição conforme detalhado na árvore do produto (tópico 4.2.1), tem menor valor agregado (27%) do que os módulos (63%) que possuem alta predominância de equipamentos.

A maioria dos projetos realizados no Brasil segue o padrão tradicional de contratação e garantias entre a contratada e o prestador de serviço e seus vínculos com os bancos de fomento. Os afretadores e OICs são os grandes tomadores de risco do projeto para a construção nos estaleiros brasileiros, conforme ilustra a Figura 26, exigindo dos estaleiros as devidas garantias de construção.

Figura 26 – Arranjo de financiamento dos projetos *offshore* no Brasil

Fonte: elaborada pelo autor.

4.2.3 Indústria de construção *offshore* asiática X brasileira

Analisando-se os dados de infraestrutura dos estaleiros asiáticos (Quadro 5) e brasileiros (Quadro 9), bem como os *layouts* apresentados nas Figuras 6, 7, 8 e 9 dos estaleiros asiáticos em comparação aos *layouts* dos estaleiros brasileiros contidos nas Figuras 17, 18, 19, 20, 21 e 22 dos estaleiros brasileiros, pode-se afirmar que a indústria *offshore* brasileira possui a infraestrutura mínima necessária para a construção de FPSOs nos mesmos processos construtivos realizados na Ásia, visto que as dimensões e recursos de suas bases físicas são equivalentes aos asiáticos, a exemplo de oficinas, dique seco, módulo de integração e cais de comissionamento. Entretanto, constata-se que os maiores estaleiros nacionais possuem suas facilidades dimensionadas para o atendimento de apenas uma única encomenda de FPSO por contrato, a exemplo do EAS, Enseada e Ecovix, os quais dispõem de apenas um dique seco em cada uma dessas indústrias, assim como os cais de acabamento e comissionamento, o que limita a capacidade construtiva. Por sua vez, os estaleiros asiáticos possuem em suas unidades mais de um dique seco, o que permite mais de uma construção ao mesmo tempo. Esse fator também é relevante quanto ao risco de construção, pois o atraso de uma unidade pode não comprometer a construção da unidade subsequente, em razão da existência de infraestrutura disponível (operações em paralelo). Adicionalmente, é notório que os maiores estaleiros asiáticos possuem estrutura muito maior que os estaleiros brasileiros. Um estaleiro asiático como o Hyundai na Coreia do Sul possui 452.415 m² de oficina, o que seria maior que a capacidade de todos os estaleiros juntos que possuem na ordem de 342.198 m². O

mesmo estaleiro Hyundai possui quatro diques secos de grande porte para construção de cascos de FPSOs, uma unidade a mais que todos os estaleiros brasileiros juntos (atualmente apenas três diques de grande porte).

No que diz respeito aos tempos de construção, os estaleiros asiáticos demandam no máximo 20 meses para construção de um casco, processando, em média 2.720 t/mês, o que corresponde à ocupação máxima da oficina de aproximadamente 60.000 m². Ou seja, os estaleiros que possuem infraestruturas maiores que essas seriam capazes de construir várias unidades de FPSOs em paralelo. Da mesma forma para a questão dos módulos, os estaleiros asiáticos também constroem cada uma dessas unidades em tempo máximo de 20 meses, entretanto com uma taxa média de 1.296 t/mês para o aço estrutural e demais componentes, o que significa aproximadamente a ocupação de uma oficina de 20.000 m². Os processos principais como fabricação e montagem possuem ritmo de produção de 13 meses de duração

Os estaleiros brasileiros têm como proposta base a construção de casco e módulos em 24 meses de tralhado (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018), com ritmos de produção dos processos principais maiores na ordem de 17 meses, ou seja 20% de tempo a mais que os asiáticos. Tal diferença é bem significativa em termos de fluxo financeiro do projeto o que acaba encarecendo o custo de produção no Brasil, visto que os meses a mais significam meses a mais de juros para financiamento e início de geração de receita de produção para os FPSOs.

O Quadro 14 resume as diferenças dos cronogramas de construção na Ásia e Brasil. As principais atividades de engenharia, construção, integração e transporte estão identificadas nos cronogramas a seguir.

Quadro 14 – Cronograma resumo estaleiros asiáticos X estaleiros brasileiros

	Duração (Meses)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Asia						
Engenharia	12	█				
Construção Casco	20		█	█		
Construção Modulos	20		█	█		
Integração	12			█	█	
Transporte + Instalação	4					█
Brasil						
Engenharia	12	█				
Construção Casco	24		█	█		
Construção Modulos	24		█	█		
Integração	12				█	█
Transporte + Instalação	4					█

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa diferença de tempo de construção (20%) poderá ser recuperada após dez anos de produção continuada, visto que a utilização da curva de aprendizagem no tempo indica essa tendência na indústria *offshore* brasileira.

Além das questões relativas às infraestruturas fabris dos estaleiros, os níveis de automação entre as unidades asiáticas e brasileiras são diferentes o que impactam diretamente na produtividade e tempo de construção dos FPSOs. De acordo com Branquinho, Salomão e Duarte (2012), pode-se concluir que, apesar dos recentes investimentos em infraestruturas, o nível de automação dos estaleiros brasileiros está em um nível abaixo dos asiáticos.

Os tempos de produção e produtividades por HH por produto produzido por tonelada (HH/t) variam entre 31% e 26% respectivamente quando comparado Ásia e Brasil. O Quadro 15 demonstra as diferenças entre asiáticos e brasileiros:

Quadro 15 – Comparação entre tempos de processo, nível e automatização estaleiros

	Tempo Processo (meses)	Automatização (média)	HH/t
Estaleiros Asiáticos	13	3	45,90

Estaleiros Brasileiros	17	2	57,84
Diferença	4	-1	11,94
Diferença (%)	31%	-41%	26%

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às atividades de engenharia, as principais diferenças estão na capacidade dos estaleiros asiáticos em verticalizar todo o processo, podendo executar todas as atividades internamente (*in house*), sendo que, nos estaleiros brasileiros, existe a tendência de subcontratação das atividades enquanto não há uma maturação de suas atividades.

No que diz respeito a variáveis econômicas, particularmente salários pagos aos operários e os consequentes custos de produção – incluindo material base –, esses indicadores, para o Brasil e concorrentes asiáticos, estão apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 – Comparação de indicadores econômicos de competitividade entre construtores brasileiros e asiáticos

Classe	Unidade	Brasil	China	Coreia	Cingapura
Salário médio	US\$	1.200	800	2.944	1.710
Custo médio de Produção	US\$/t	7.281	4.543	5.305	4.924
Custo médio de produção/Salário Médio		6,07	5,68	1,80	2,88

Fonte: Pinhão e demais autores (2019) e IPEA (2014).

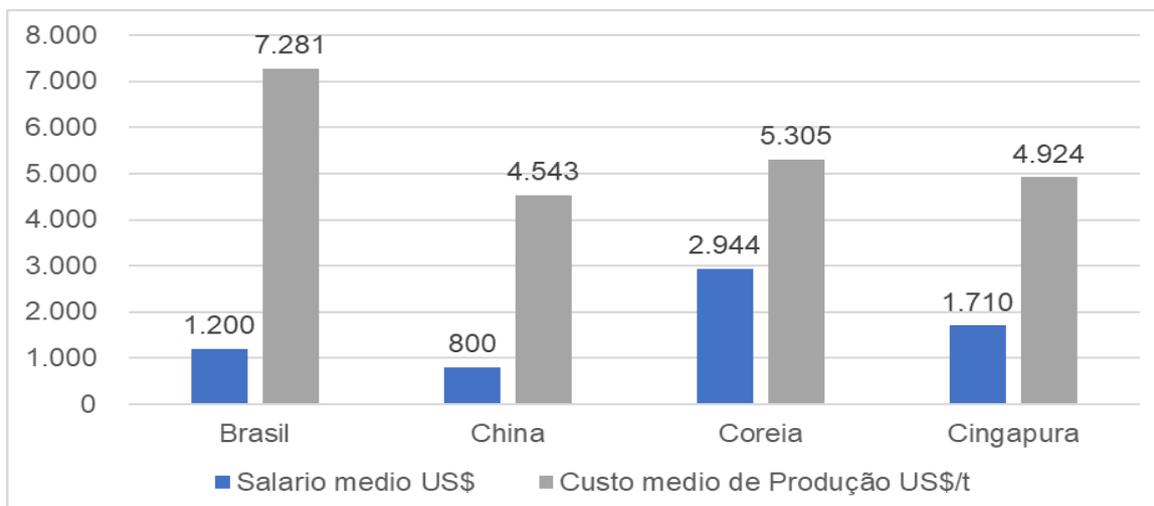
Os resultados contidos no Quadro 16 indicam que as operações de construção em Cingapura apresentam o maior equilíbrio entre custo médio de produção e

produtividade, sendo o valor final próximo a três vezes o custo com salário. Como essas indústrias estão instaladas dentro de uma cidade com os maiores salários médios entre os trabalhadores mundiais (em torno de US\$ 5.500 segundo IPEA), possui, para o setor naval, salários mais competitivos em torno de US\$ 1.710. Ainda com base no Quadro 16, constatam-se os elevados salários médios dos operários das empresas coreanas dentre as construtoras asiáticas, aproximadamente quatro vezes em relação às chinesas e 72% superior às empresas de Cingapura. Observa-se nesse sentido que, segundo Lee, Ju e Woo (2020), os estaleiros coreanos aportaram expressivos investimentos em infraestruturas e modernas tecnologias de produção informatizadas, exigindo ainda mais qualificação técnica dos operários, elevando, significativamente, a produtividade de suas operações. A China, por sua vez, é notoriamente o país que possui os salários mais baixos (US\$800), devido à sua política de governo de fomento a indústria e empregabilidade de grande escala.

Os salários dos operários no Brasil, por sua vez, situam-se dentro dos limites dos demais países, entretanto revela o maior custo de produção dentre todos pesquisados, equivalentes a quase seis vezes o valor gasto com salário, muito embora a participação de salários sobre estes custos (35%) seja superior apenas ao das empresas chinesas (aproximadamente 50%).

Com esses resultados, constata-se também que a relação salário/custos de produção mais impactante refere-se aos estaleiros da Coreia (55%) e Cingapura (34%). O Gráfico 3 apresenta a relação salários/custos de produção nos países pesquisados, evidenciando os elevados custos dos estaleiros brasileiros.

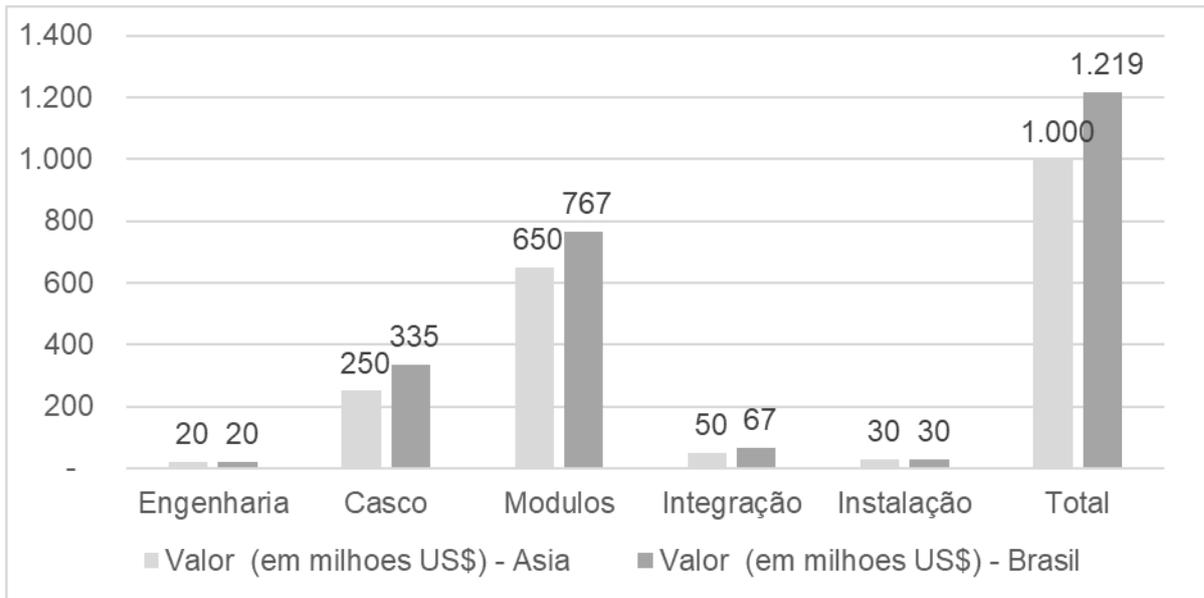
Gráfico 3 – Comparação do custo unitário de produção X Custo salarial



Fonte: Pinhão e demais autores (2019) e IPEA (2014).

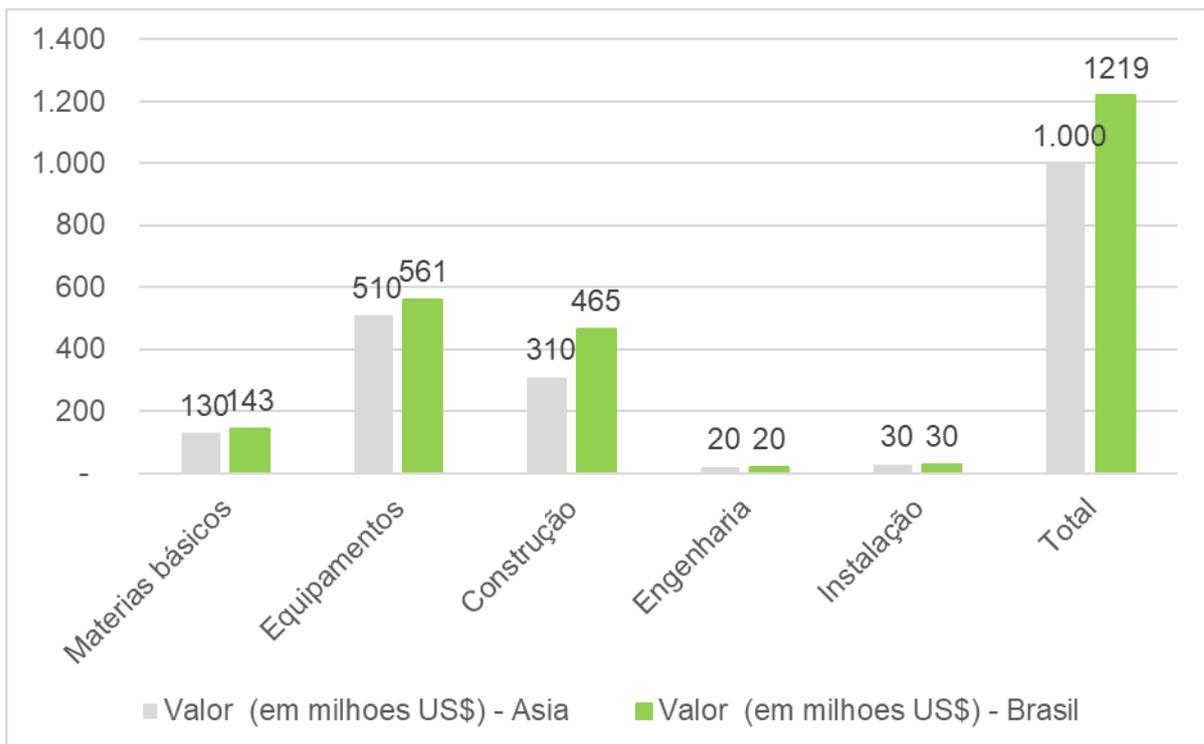
Tais diferenças de custo de produção, somadas às questões de disponibilidade de matérias e equipamentos na indústria local, acabam constatando que o custo de construção de um FPSO no Brasil (U\$7.281) é muito superior (55%) maior que na Ásia, tomando-se por base o valor médio da China, Coreia e Cingapura (U\$4.713). A distribuição dos custos de produção – engenharia, casco, módulos, integração e instalação – pode ser observada no Gráfico 4. No Gráfico 5, por sua vez, outros custos são comparados, tais como matérias, equipamentos, construção, engenharia e instalação.

Gráfico 4 – Comparação de custo Ásia x Brasil por classe de custo



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 5 – Comparação de custo Ásia x Brasil por categoria de custo



Fonte: elaborado pelo autor.

No que diz respeito ao suporte do sistema financeiro, constata-se (IPEA, 2014) que a atuação dos bancos de fomento asiáticos tem forte impacto na assunção de

riscos das IOCs ou afretadores que são os compradores dos FPSOs junto aos estaleiros.

No modelo tradicional do mercado brasileiro, os compradores das unidades assumem todo o risco durante a construção das plataformas *offshore* enquanto no modelo do mercado asiático, esse risco é compartilhado ou até mesmo assumido na integralidade pelos bancos de fomento. Essa estrutura asiática permite aos compradores uma menor precificação dos riscos e, além disso, possibilita uma maior alavancagem de suas companhias podendo estas construir e investir em mais projetos. Uma alternativa utilizada no mercado nacional para resolver essa questão é a contratação de seguros para transferência e compartilhamento desse risco com seguradoras e bancos, entretanto, essa alternativa é custosa e requer que os estaleiros possuam higidez financeira igualmente rígida para que as seguradoras possam prover tal benefício.

4.2.4 Resumo da competitividade da industrial brasileira

O Quadro 17 resume os principais indicadores de competitividade da indústria brasileira diante dos líderes de mercado de construção *offshore*. Para análise dos parâmetros, foram definidos três níveis:

- I. Compatível: corresponde a nível similar aos competidores;
- II. Em desenvolvimento: corresponde a nível inferior aos competidores, porém apresenta estado atual em desenvolvimento que poderá ser melhorado com tempo;
- III. Não compatível: corresponde a nível de competição bem inferior aos competidores e que necessita de intervenção de algum meio externo à indústria para melhora do seu nível de competitividade.

Quanto aos quesitos a serem avaliados, foram sumarizados os principais tópicos estudados na presente pesquisa, sendo: infraestruturas, tecnologias industriais (automatização), engenharia, suprimentos de materiais e equipamentos, econômicos e financeiros.

Quadro 5 – Resumo da competitividade da indústria brasileira

Item	Estado Atual	Comentários
Infraestruturas	Compatível	<p>As infraestruturas dos estaleiros brasileiros são novas e recém-revitalizadas. Considerando um atendimento de CL máximo de 40%, o estado atual é tido como compatível para execução dos projetos. A pesquisa comprova que as oficinas, diques e cais de acabamento e integração são aderentes com os processos construtivos atuais realizados nos estaleiros asiáticos. Especial atenção deve-se aos diques secos com apenas duas unidades ativas disponíveis para construção de casco novos e uma unidade em fase final de construção. A carência desse tipo de infraestrutura é um fator de risco significativo para construção de cascos de FPSOs no Brasil.</p>
Tecnologia industrial (automação)	Em desenvolvimento	<p>Apesar do recém-investimento nos estaleiros brasileiros, as tecnologias de automação e informatização dos processos ainda se encontram em desenvolvimento nos estaleiros brasileiros. A ociosidade da indústria atual tem afetado o desenvolvimento de novas tecnologias presentes nos estaleiros asiáticos. A diferença no grau de automação afeta a produtividade e produção mensal dos estaleiros brasileiros. Ausência de redes potentes de TI como 5G dificulta muito a introdução de novas tecnologias.</p>

Engenharia	Em desenvolvimento	Atualmente, na indústria brasileira, existem poucas empresas de engenharia disponíveis. Adicionalmente, os estaleiros por falta de encomendas ainda não conseguiram desenvolver as próprias engenharias de produção <i>in house</i> , como comumente praticado nos estaleiros asiáticos
Suprimentos de materiais	Não compatível	A indústria de fornecimento de matéria-prima como aço estrutural e mecânico está muito defasada, sem capacidade de atendimento da indústria local. Além dos custos de transporte e frete, a ausência de siderúrgicas e fabricantes obriga os estaleiros a trabalharem sob o regime de estoque, acarretando maiores custos de produção e riscos de falta de abastecimento de matérias no decorrer da produção.
Suprimentos de equipamentos	Não compatível	Igualmente ao anterior. A indústria de peças e equipamentos é muito carente e não atende às necessidades dos projetos.
Tempo de produção	Em desenvolvimento	Os tempos atuais de construção nos estaleiros brasileiros são estimados em média 20% maiores que os competidores estrangeiros, o que de certa forma apresenta-se adequado para o atendimento da indústria. Esse tempo de produção poderá ser melhorado com o tempo na introdução de curva de aprendizagem e na inclusão de novas tecnologias de automação.

Custo produção	Em desenvolvimento	Os custos de produção dos estaleiros brasileiros estão estimados em aproximadamente 50% acima dos estaleiros asiáticos. Espera-se que o custo de produção possa ser mais competitivo frente à desvalorização do dólar e com os ganhos oriundos da curva de aprendizagem.
Financiamento	Não compatível	As estruturas atuais de financiamento do projeto no Brasil estão totalmente defasadas. Não há nenhuma estrutura de garantia para o setor nacional, o que afugenta e aumenta muito o risco das IOCs e afretadores. Este talvez seja o principal item a ser resolvido com brevidade, necessitando da introdução de uma nova política para o setor.

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DOS ESTALEIROS BRASILEIROS X DEMANDA ATUAL DE FPSOS

Uma vez avaliadas as dificuldades de capacidade e oferta de suprimentos para atender à demanda por 42 FPSO projetada, de acordo com a metodologia proposta (item 3.1), bem como com a infraestrutura e experiência operacional dos estaleiros brasileiros, igualmente estimada na metodologia (item 3.2), apresenta-se no Quadro 3 o cronograma (2020 a 2030) para a construção completa de 14 plataformas (cascos e módulos), utilizando-se o dique seco (EAS, Ecovix e Enseada). No Quadro 18, por sua vez, é apresentado o cronograma para construção de FPSOs sem dique seco (EBR, Jurong e Brasfels), ou seja, apenas a construção de módulos e integração, em número de 16, admitindo-se os tempos necessários para tanto, com base no *benchmarking* das construtoras asiáticas.

Quadro 18 – Cronograma de construção e montagem de FPSOs completos (casco, módulos e integração) com dique seco

Anos		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
EAS Ecovix Enseada	Unidades	FPSO 1/2		FPSO 3/4/5			FPSO 6/7/8		FPSO 9/10/11		FPSO 12/13/14		
	Casco	CASCO 1/2		CASCO 3/4/5		CASCO 6/7/8		CASCO 9/10/11		CASCO 12/13/14			
	Módulos	MÓDULOS 1/2		MÓDULOS 3/4/5		MÓDULOS 6/7/8		MÓDULOS 9/10/11		MÓDULOS 12/13/14			
	Integração			INT 1/2		INT 3/4/5		INT 6/7/8		INT 9/10/11		INT 12/13/14	

Fonte: elaborado pelo autor.

Como o estaleiro Enseada não está com seu dique pronto para utilização na construção de cascos, considerou-se para os dois primeiros FPSOs completos (FPSO 1 e FPSO 2) a utilização dos diques dos estaleiros Ecovix e EAS. A partir do FPSO 3, considerou-se que o dique do Enseada já estará pronto, proporcionando a construção de três unidades de FPSO simultaneamente. Dessa forma, a capacidade total de FPSOs completos que poderiam ser construídos nos estaleiros brasileiros de 2020 a 2030 seria de 14 unidades.

Os resultados indicam que as condições de infraestruturas dos estaleiros brasileiros podem ser equivalentes aos referências asiáticos, cujo tempo de construção de cada FPSO, conforme já destacado, situa-se em torno de 20 meses para os cascos. Entretanto, dadas as restrições dos estaleiros objetos desta pesquisa no Brasil, no que se refere às limitações para construções simultâneas – quantidade de dique seco e comprimento do cais de acabamento –, o atraso na execução de um determinado projeto pode gerar atraso na construção do projeto subsequente, comprometendo toda a sequência de produção.

Quadro 19 – Cronograma de construção e montagem (apenas módulos e integração) sem dique seco

Anos		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
EBR Jurong BrasFels	Unidades	FPSO 1/2/3/4			FPSO 5/6/7		FPSO 8/9/10			FPSO 11/12/13			FPSO 14/15/16	
	Modulos	MODULOS 1/2/3/4		MODULOS 5/6/7		MODULOS 8/9/10		MODULOS 11/12/13		MODULOS 14/15/16				
	Integração		INT 1/2/3/4			INT 5/6/7		INT 8/9/10		INT 11/12/13		INT 14/15/16		

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado neste cronograma (Quadro 19), a possibilidade da execução de 16 unidades de FPSOs de forma parcial, considerando a construção de módulos e integração, é bem factível dentro das infraestruturas oferecidas pelos estaleiros brasileiros.

Através dos cronogramas propostos e ainda na já evidenciada satisfatória infraestrutura das construtoras *offshore* brasileiras, avalia-se que pelo menos os estaleiros Atlântico Sul (Pernambuco) e Ecovix (Rio Grande do Sul) podem, de modo independente, construir cinco unidades de FPSOs completos em até 10 anos. O estaleiro Enseada (Bahia), contudo, ainda em finalização do seu dique seco – aproximadamente mais 1 ano de preparativos finais é necessário para sua operacionalização –, poderia construir quatro unidades completas, a partir do momento em que a infraestrutura do dique estiver pronta. Os demais estaleiros (Jurong, BrasFels e EBR), por não possuírem dique seco – ou apresentarem dimensões insuficientes –, certamente não têm condições de executar o escopo completo, ficando limitado à realização de apenas parte deste, a exemplo da construção de módulos e o processo de integração. Considerando-se, portanto, as grandes limitações desses últimos estaleiros, propõe-se incorporá-los nos cronogramas propostos de acordo com os seguintes planos: i) Enseada: o primeiro FPSO teria apenas a construção de módulos e integração. A partir do segundo contrato, possivelmente, a construção poderá ser completa; ii) Jurong, BrasFels e EBR: apenas as atividades de construção de módulos e integração foram consideradas nesses estaleiros, de modo que os cascos precisarão ser construídos fora do Brasil.

Constata-se, portanto, ser possível que a indústria brasileira possa atender a uma demanda de seis unidades de FPSOs por vez, o que corresponde ao máximo de 30 projetos, simultaneamente, em dez anos. Desses 30 projetos, 14 unidades poderiam ser integralmente construídas com a capacidade atualmente instalada (casco + módulos + integração), enquanto 16 projetos seriam executados parcialmente (módulos + integração).

Uma vez aferida a demanda e capacidades atuais instaladas, chega-se ao atendimento da demanda por FPSO, conforme consta no Quadro 20. Destaca-se, entretanto, que as quantidades a serem produzidas na indústria brasileira estão de acordo com a regra de CL atual, ou seja, de 25% para esse tipo de instalação estacionária (FPSO). A coluna indicada como Capacidade CL, refere-se à quantidade atual de unidades de FPSOs a serem construídos para o índice de CL de 25%. Esse índice está em consonância com a Resolução nº 07/2017 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) (CONTEÚDO..., 2021).

Quadro 20 – Demanda X Capacidade instalada estaleiros brasileiros X Conteúdo local atual (25%)

	Demanda atual (Un)	Capacidade atual (Un)	Atendimento Demanda (%)	Capacidade CL de 25% (Un)	Ociosidade (Un)
Cascos	42	14	33%	11	4
Módulos	42	30	71%	11	20
Integração	42	30	71%	11	20

CL = Conteúdo Local

Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se, com esses resultados, que os estaleiros brasileiros possuem capacidade três vezes maior (30 unidades), tanto para módulos quanto para integração, quando comparado ao cenário estabelecido pelas limitações das regras atuais de CL (25%). Já para os cascos, a capacidade calculada indica ser 40% superior às limitadas pelo CL atual. Constata-se, portanto, que caso os valores de CL

não sejam aumentados, ainda conforme o Quadro 20, a ociosidade dos estaleiros brasileiros para construção *offshore* poderá ser ainda maior, caso a demanda internacional por essas unidades seja incrementada. Considerando-se que cada estaleiro pode executar até seis projetos de módulos e integração, esta ociosidade seria equivalente a aproximadamente três estaleiros completamente vazios.

Como proposta de valor intermediário de CL, o Quadro 21 considera um valor de conteúdo l de 40%, valor vigente até 2017 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2018).

Quadro 21 – Demanda X Capacidade instalada estaleiros brasileiros X Conteúdo local intermediário (40%)

Demanda atual (Un)	Capacidade Atual (Un)	Atendimento Demanda (%)	Capacidade CL (Un)	Ociosidade (Un)
42	14	33%	17	-3
42	30	71%	17	13
42	30	71%	17	13

CL = Conteúdo Local

Fonte: elaborado pelo autor.

Dadas as limitações das infraestruturas dos estaleiros brasileiros um coeficiente de CL de 40% linear, o atendimento da construção dos cascos não seria possível, devido à limitação de diques secos no Brasil. Já as construções de módulos e integração, com o aumento do CL, as ociosidades dos estaleiros reduzirão significativamente.

Adicionalmente, visando-se avaliar preliminarmente os retornos financeiros das construções dos FPSOs foram avaliados os seguintes cenários:

- i. Valor de um projeto de Construção e Montagem de Módulos *Offshore*: US\$ 1.000 milhões (MCCAUL, 2021), compreendendo construção de cascos tipo *new building* estimado em US\$ 250 milhões, módulos em US\$ 700 e Integração de US\$ 50.

- ii. Capacidade total de geração de impostos dos 42 FPSOs nos próximos dez anos;
- iii. Nível de CL variando entre 25% (mínimo), 40% (intermediário) e capacidade máxima;
- iv. Nível de geração de impostos para construção de plataformas no Brasil: 14,80% sobre o faturamento (IPEA, 2014);
- v. Custo Brasil estimado em US\$ 219 milhões por unidade de FPSO, totalizando US\$ 1.219 milhões por unidade de FPSO.

Considerando-se essas condicionantes, foram obtidos os seguintes resultados financeiros demonstrados no Quadro 22 a seguir e no Gráfico 6.

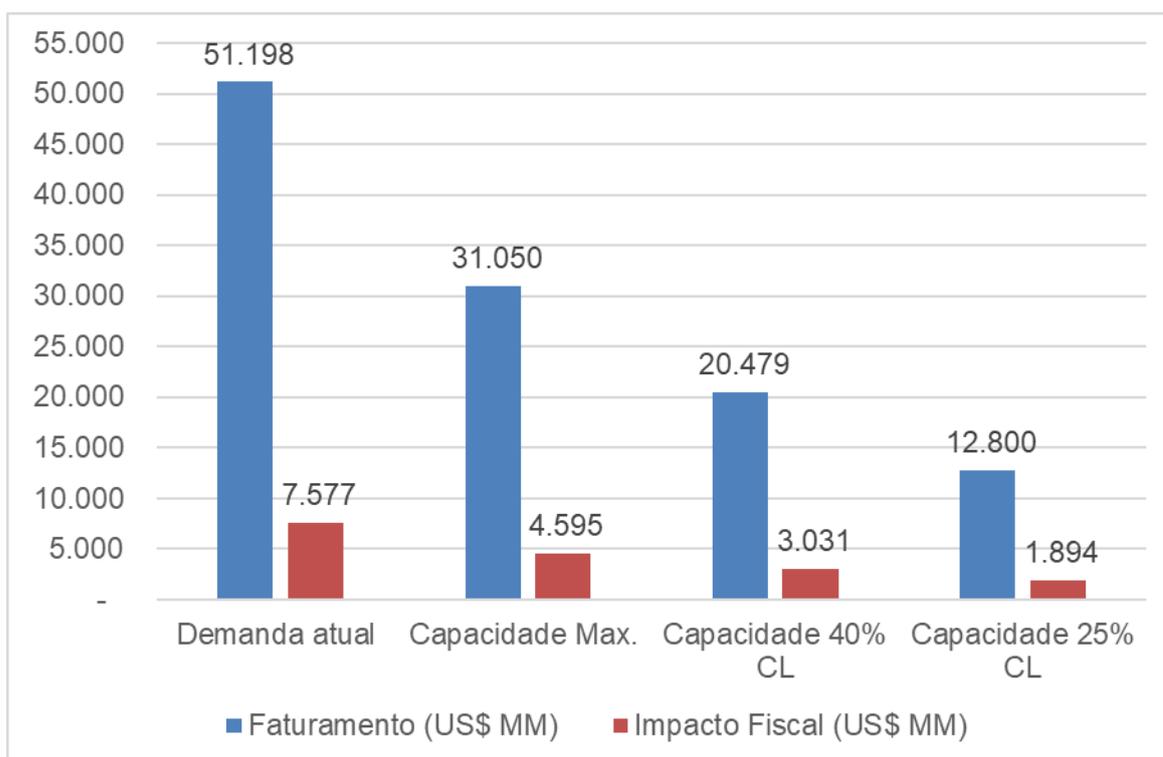
Quadro 22 – Estimativas de faturamento em função do CL e do impacto fiscal

	Demanda atual (Un)	Valor Projeto (US\$ MM)	Valor Total dez anos (US\$ MM)	Impacto Fiscal dez anos (US\$ MM)
Cascos	42	345	14.490	2.145
Módulos	42	777	32.634	4.830
Integração/Instalação	42	97	4.074	603
Total		1.219	51.198	7.577
	Capacidade Max. (Un)	Valor Projeto (US\$ MM)	Valor Total dez anos (US\$ MM)	Impacto Fiscal dez anos (US\$ MM)
Cascos	14	345	4.830	715
Módulos	30	777	23.310	3.450

Integração/Instalação	30	97	2.910	431
Total		1.219	31.050	4.595
	Capacidade 40% CL. (Un)	Valor Projeto (US\$ MM)	Valor Total 10 anos (US\$ MM)	Impacto Fiscal 10 anos (US\$ MM)
Cascos	17	345	5.796	858
Módulos	17	777	13.054	1.932
Integração/Instalação	17	97	1.630	241
Total		1219	20.479	3.031
	Capacidade 25% CL. (Un)	Valor Projeto (US\$ MM)	Valor Total dez anos (US\$ MM)	Impacto Fiscal dez anos (US\$ MM)
Cascos	11	345	3.623	536
Módulos	11	777	8.159	1.207
Integração/Instalação	11	97	1.019	151
Total		1.219	12.800	1.894
CL= Conteúdo Local				

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 6 – Comparação de faturamento e impacto fiscal para cenários de conteúdo local



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com o Quadro 22 e o Gráfico 7 a seguir, pode-se concluir que os projetos de construção *offshore* possuem forte geração de impacto fiscal para a indústria brasileira. Ao longo de dez anos, caso a capacidade máxima dos estaleiros fosse utilizada, estima-se um valor de geração de impostos em torno de US\$ 4,595 bilhões, o que representa em torno de 74% dos investimentos realizados nos estaleiros brasileiros, sendo US\$ 6,22 bilhões oriundos do FMM. No cenário de aumento de CL para 40%, o impacto fiscal seria na ordem de US\$ 3,031 bilhões, equivalente a 48% dos investimentos realizados. Para os atuais 25% de CL, o impacto fiscal estaria na ordem de US\$ 1,894 bilhões, o que equivale a 30% dos investimentos feitos. Tais evidências confirmam o alto retorno fiscal que a indústria *offshore* proporciona para os países asiáticos, que possuem em seus estaleiros destacada presença do estado, conforme evidenciado no item 4.2.1.

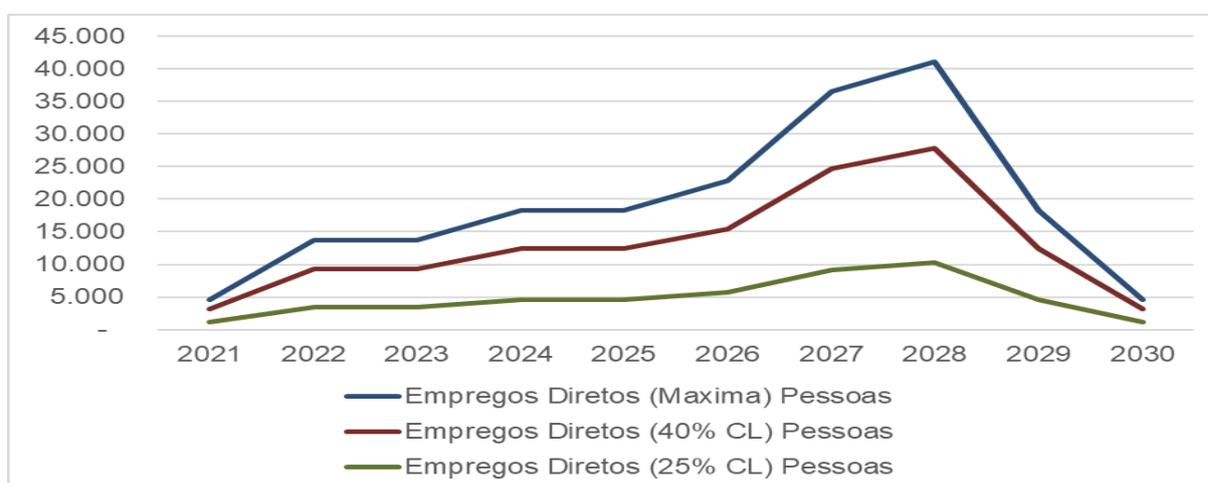
Em termos de recursos de profissionais para atendimento das demandas de construção, foram geradas estimativas de número de profissionais para o setor para os próximos anos. Nesse sentido, considerando-se apenas as construções de FPSOs, segundo o Sinaval (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018), para cada unidade se faz necessária a

mobilização de 7.736 trabalhadores. Esses valores foram adotados associando-se a capacidade máxima atual da indústria, de acordo com os seguintes pressupostos:

- I. Mobilização de profissionais por FPSO: 7.736 integrantes diretos;
- II. Variações de CL (40% e 25%) e a com capacidade máxima;
- III. Quantidades máximas de FPSOs a serem construídos no tempo, conforme Quadro 18 e 19.

Considerando-se essas condicionantes, foram obtidos os seguintes resultados de recursos de pessoas para as atividades de construção de FPSOs demonstrados na Gráfico 7.

Gráfico 7 – Número de profissionais na construção de FPSOs para os próximos anos



Fonte: elaborado pelo autor.

Segundo a Petrobras (PLANO..., 2015), o número de profissionais trabalhando em estaleiros no pico de suas atividades de produção, não somente construção de FPSOs, foram de 79.003 empregos diretos no ano de 2012. De acordo com os números estimados, considerando a capacidade máxima de atendimento dos estaleiros *offshore* e a curva de produção estimada para os próximos anos, no ano de 2028, as construções de FPSOs poderiam superar 41 mil pessoas trabalhando nos estaleiros brasileiros, o que representa em torno de 52% da capacidade máxima do setor.

Por fim, importante observar também que as demandas para o setor de construção *offshore* para os próximos dez anos são bem superiores do que a capacidade industrial atual instalada dos esteiros brasileiros. Independentemente dos requerimentos de CL, parte das encomendas atuais precisam ser obrigatoriamente

executadas fora do Brasil. Caso a indústria de construção *offshore* mantenha-se demandando alta escala de produção, é razoável a elaboração de um plano de ampliação nos estaleiros brasileiros, para averiguar as necessidades de instalações de mais oficinas de construção de blocos, novos diques secos, maiores cais de acabamento e montagem de mais *Goliath Cranes* (ou guindastes flutuantes).

4.4 MERCADOS DE DESCOMISSOAMENTO DE PLATAFORMAS *OFFSHORE*

As atividades de descomissionamento de plataformas *offshore* no Brasil vêm sendo amplamente discutidas nos últimos anos dentro da indústria de petróleo e gás, tendo os principais aspectos em pauta: i) impactos das atividades de desmontagem e sucateamento; ii) fomento das atividades de reciclagem através da demanda atual de descomissionamento; iii) regulamentação das operações.

Para as plataformas de águas rasas tipo fixas, as atividades compreendem desde a intervenção no poço, remoção de estruturas submarinas como jaquetas e dutos, desmontagem de equipamentos e estruturas dos módulos fora d'água, transporte para estaleiros e canteiros de descomissionamento, sucateamento e reciclagem. Nas plataformas fixas, as atividades de desmontagem das peças fora d'água iniciam-se em alto mar com a utilização de guindastes flutuantes especiais capazes de içar peças de grande porte na ordem de 5.000 t. Essa etapa é uma das mais complexas e custosas da operação. (BROUGHTON; DAVIES; GREEN, 2004)

As maiores plataformas fixas do Mar do Norte já descomissionadas pesam até 110 mil toneladas, como foi o caso da plataforma Maureen (BROUGHTON; DAVIES; GREEN, 2004). No Brasil, as unidades fixas são mais leves e possuem pesos em torno de 7 a 15 mil toneladas (ZACARON, [20--]). Em algumas localidades, como Estados Unidos e China, vem sendo permitida a manutenção das estruturas subseas como ação mitigatória de redução dos impactos ambientais (JIANG et al., 2011; MEYER-GUTBROD et al., 2020). Apesar de proibidos em alguns locais do mundo, estudos mais aprofundados sobre as plataformas descomissionadas, que podem vir a servir de arrecifes e local para estímulo ao turismo da pesca controlada, vêm sendo observados e avaliados pelas autoridades ambientais e órgãos mundiais como uma alternativa para o setor (FORTUNE; PATERSON, 2020).

As plataformas de águas profundas possuem um processo diferente no que tange ao início da desmontagem das plataformas. Como a maioria das unidades é

flutuante, móvel e rebocáveis, com peso elevadíssimo de 50 mil a 80 mil toneladas, não se faz necessário o início da desmontagem em alto mar. As plataformas são rebocadas em sua integralidade para estaleiros e canteiros para as atividades de desmontagem e corte. Essa fase final é muito similar às atividades de sucateamento e desmontagem de navios. Se, por um lado, as atividades em alto mar são reduzidas se comparadas ao descomissionamento de unidades de águas rasas, as atividades nos estaleiros de sucateamentos se tornam mais intensas e seus impactos necessitam ser averiguados para plataformas flutuantes.

Os países líderes em desmontagem e reciclagem de navios e plataformas flutuantes são Índia, Paquistão, Bangladesh, Turquia e China, que concentram aproximadamente 96% dos navios reciclados no mundo, com média de 800 a 1400 unidades anuais (OCAMPO; PEREIRA, 2019). O Brasil enviou 58 navios para serem desmontados nesses países nos últimos seis anos, devido à ausência de indústria e regulamentação no Brasil para esse tipo de atividade (BENJAMIN; FIGUEIREDO, 2020).

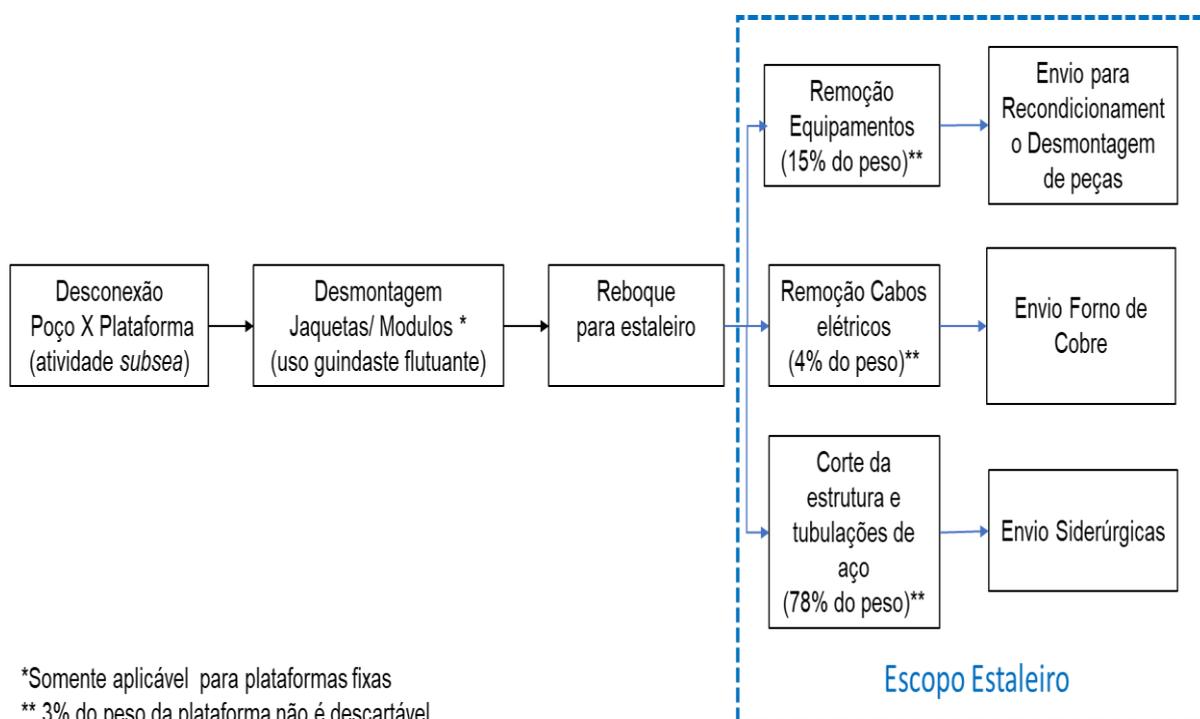
Apesar de líderes no mercado, esses países não ofereciam condições sustentáveis ambientais e laborais para a execução da reciclagem dos navios e plataformas, visto que a maioria dessas atividades era executada a céu aberto em praias e costas sem qualquer regulação do trabalho ali executado. Supervisionado pela International Maritime Organization (IMO), em 2009, foi assinado o tratado de Hong Kong (IMO, 2009), no qual uma série de países se comprometeram a não enviar os navios a serem reciclados para países nos quais não houvesse condições sustentáveis. Na sequência, em 2013, o parlamento europeu aprovou a Regulação de Reciclagem de Navios nº 1.257 (2013), quando foi definido que apenas estaleiros certificados em boas práticas de reciclagem poderiam realizar atividades de desmontagem de navios para armadores europeus. Uma das grandes imposições foi a necessidade de utilização de dique secos para execução dos cortes, não permitindo às embarcações desses países as atividades de desmontagem em praias na costa Sul Asiática.

As novas imposições aos estaleiros sul-asiáticos, as atividades de corte e reciclagem de navios, somadas à ociosidade da indústria nacional de construção naval brasileira para novas construções, aparecem como uma oportunidade para a indústria local brasileira. Destaca-se também o fato de estudos recentes de Análise de Ciclo de Vida (ACV), em países como Bangladesh, ter identificado que as

atividades de reciclagem dos navios são menos impactantes que as atividades de confecção de aço a partir da sua matéria-prima básica, minério de ferro (RAHMAN; HANDLER; MAYER, 2016).

Estaleiros especializados apenas em descomissionamento e sucateamento representam o cenário atual da indústria internacional. Os países líderes de sucateamento de navios, localizados em sua maioria no Sul Asiático, têm sido o destino da maioria das plataformas descomissionadas no Brasil dado a ausência de regulação nacional nesse setor.

As atividades de descomissionamento podem ser resumidas nas etapas e processos descritos na Figura 27.

Figura 27 – Fluxograma do processo de descomissionamento de plataformas *offshore*

Fonte: elaborada pelo autor.

O fluxo de saída dos estaleiros especializados em sucateamento é na ordem de 97% do peso bruto do FPSO de entrada. Os 3% são eventuais perdas e outros produtos não comercializáveis. As classes de sucatas são basicamente: aço (78%), equipamentos (15%) e cabos elétricos/cobre (4%).

Segundo Pulsipher (2010), os valores de preço de sucata estão relacionados aos mercados de *shipping* e ao preço do valor do aço. O preço médio da sucata comercializada praticado nos Estados Unidos, na última década, foi na ordem de US\$ 250/ton. Já no Brasil, dado que existe uma menor demanda de aço e dado ao fato que as indústrias siderúrgicas estão longes dos estaleiros, estima-se um preço da sucata comercializável na ordem R\$ 500/t (US\$ 100/t).

De uma forma resumida, pode-se estimar no Quadro 23 o valor da sucata comercializável de um FPSO no Brasil e no mercado internacional.

Quadro 23 – Receita estimada para sucateamento de um FPSO

Local	Quantidade (toneladas)	Valor sucata em toneladas (US\$ /t)	Receita para 1 FPSO (US\$)
Brasil	80.342,00	100	8.034.200,00
USA	80.342,00	250	20.085.500,00

Fonte: elaborado pelo autor.

No caso do descomissionamento de um FPSO, a receita estimada para estaleiros no Brasil seria de 0,76% do valor da construção de uma unidade nova aproximadamente. O mercado de descomissionamento *offshore* é extremamente menos interessante em termos de receitas do que as construções de novas unidades. Conforme destacado na seção 4.2.2, as infraestruturas dos estaleiros brasileiros foram dimensionadas para o mercado de construção com investimentos já aportados de US\$ 6,2 bilhões. No caso das atividades de sucateamento no exterior, a receita é 2.5 vezes maior para os estaleiros. Nesse sentido, os países asiáticos desenvolveram estaleiros específicos para essa unidade, mais simples que os estaleiros de construção e aderentes aos novos protocolos definidos nas convenções de Hong Kong.

Considerando o cenário informado pela ANP (2019) para os próximos dez anos, são esperados o descomissionamento de 77 unidade, sendo 33 plataformas do tipo FPSOs ou flutuantes com peso estimado de 80 mil toneladas cada e 44 plataformas fixas com peso estimado de 15 mil toneladas, com o valor de sucateamento de US\$ 100/t, pode-se estimar no Quadro 24 as seguintes receitas:

Quadro 24 – Estimativa de receita para os próximos dez anos do mercado de descomissionamento

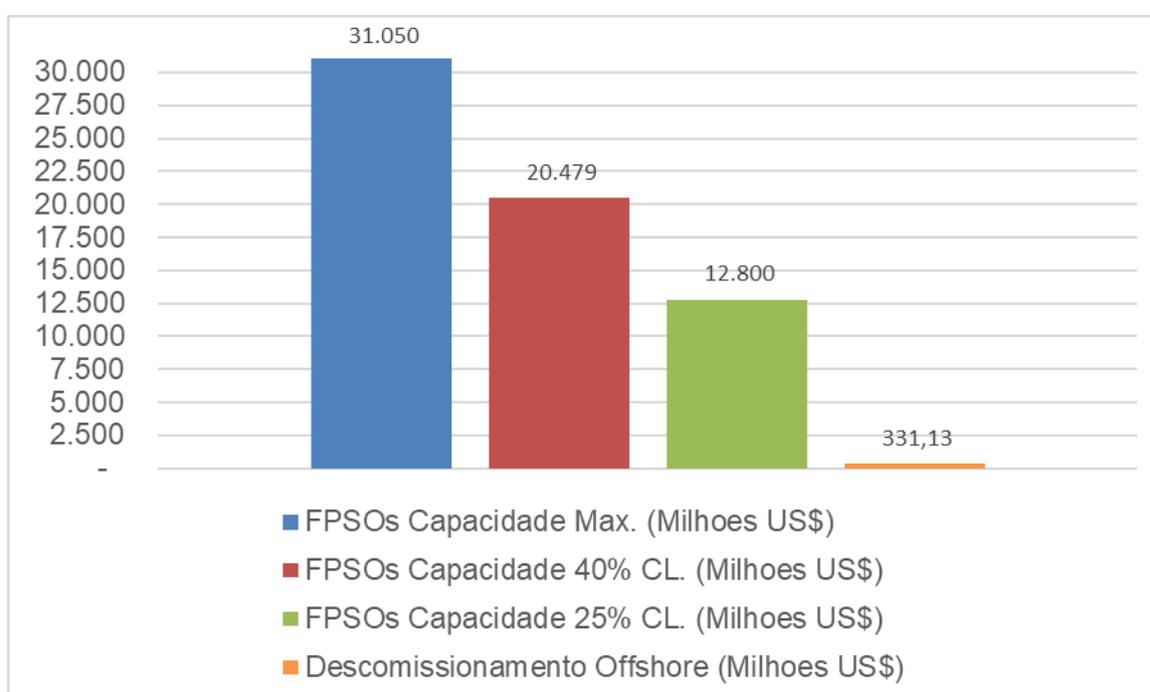
Tipo Plataformas	Quantidade unitária (toneladas)	Quantidade total (toneladas)	Valor sucata em toneladas (US\$ /t)	Receita próximos dez anos (US\$ MM)
Fixas	15.000	44	100	66,00
Flutuantes	80.342	33	100	265,13
Total				331,13

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com Quadro 24, estima-se que, para os próximos dez anos, uma receita de aproximadamente US\$ 331,13 milhões será atrelada às atividades de sucateamento de plataformas *offshore*, valores estes que parecem ser baixos frente aos investimentos já realizados nos estaleiros

O Gráfico 8 indica a diferença de faturamento entre os mercados de construção de FPSOs e descomissionamento de unidades, em função do CL estudados nesse trabalho.

Gráfico 8 – Faturamento de descomissionamento de FPSOs X Construções novas



Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar dos indícios de que as atividades de sucateamento no Brasil tenderem a ser menos rentáveis que em outros países, os custos logísticos de levar as plataformas para fora do Brasil – em torno de 60 dias de viagem – e a alta valorização do dólar podem tornar o negócio mais econômico. Além de economicamente haver um equilíbrio que possibilite a competitividade no Brasil, as novas imposições e controles impostos pela Convenção de Hong Kong (IMO, 2009) trazem aos estaleiros brasileiros uma oportunidade de negócio enquanto não são resolvidas as questões de CL mínimo (principal razão da ociosidade da indústria atual) (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2018).

Do ponto de vista de infraestrutura necessária, a imposição do atendimento da Convenção de Hong Kong traz algumas reflexões de quais estaleiros estariam preparados para o recebimento de um FPSO. Esse tipo de unidade de *offshore* possui dimensões extremamente grandes, formadas basicamente por um casco naval que pode chegar a 360 metros de comprimento, 56 metros de largura e 30 metros de pontal (altura). Evidencia-se ainda que sobre esse casco existe uma planta industrial formada por um conjunto de módulos e processamento industrial.

A exigência atual de que as atividades de corte do casco tenham que ser realizadas dentro de um dique seco restringe muito o número de estaleiros que podem realizar esse tipo de atividade. Dadas as características de infraestrutura, identificam-se para essas atividades no Brasil apenas os estaleiros listados na Quadro 25 teriam capacidade para executar a atividade.

Quadro 25 – Estaleiros brasileiros com infraestruturas para descomissionamento

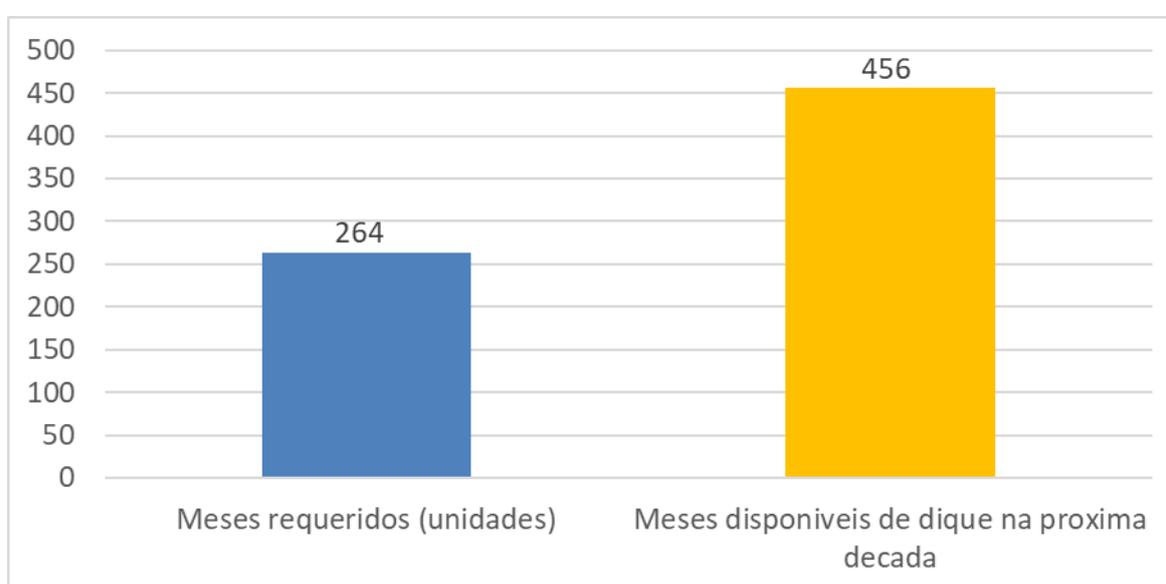
Unidade	Dique Seco Comprimento x Largura (m)	Cais (m)
EAS/PE	400 x 80	700
Enseada/BA	300 x 85	700
Ecovix/RS	350 x 130	361
Inhaúma/RJ	350 x 60	400

Fonte: elaborado pelo autor.

Os estaleiros brasileiros só podem realizar uma docagem por cada contrato de descomissionamento, dessa forma, só seria possível a realização de quatro desmontagens de FPSOs simultaneamente. O tempo médio de corte pode variar muito. Segundo pesquisa realizada, a estimativa é de que uma desmontagem de

plataforma leve em torno de oito meses (BROUGHTON; DAVIES; GREEN, 2004). O Gráfico 9 confronta o tempo necessário para desmontagem com a disponibilidade do dique. Considerando uma previsão de dez anos de atividades de descomissionamento, os diques dos estaleiros foram considerados como disponíveis 12 meses por anos nos próximos dez anos, com exceção do estaleiro Enseada, que está com seu dique em fase final de construção e teve a sua disponibilidade estimada para oito anos.

Gráfico 9 – Meses requeridos X Meses disponíveis de dique próxima década



Fonte: elaborado pelo autor.

Como pode-se observar, o Gráfico 9 indica que, para as 33 plataformas flutuantes a serem descomissionadas na próxima década, seriam necessários 264 meses de trabalho em dique secos, enquanto na próxima década, segundo as infraestruturas atualmente disponíveis no Brasil, existem 456 meses. Os resultados evidenciam que as atividades de descomissionamento se executadas integralmente no Brasil não irão consumir toda a disponibilidade de diques no país. Por outro lado, as atividades de descomissionamento executadas em sua integralidade irão impossibilitar a construção de cascos para FPSOs. Com exceção do estaleiro Inhaúma, os outros diques disponíveis poderiam servir para construção de FPSOs.

O Quadro 26 indica quantos cascos de FPSOs deixariam ser executados, em um cenário de simultaneidade com as atividades de descomissionamento.

Quadro 26 – Utilização de diques para descomissionamento

Dique disponíveis (meses)	Necessidade dique descomiss. (meses)	Disponibilidade de dique (meses)	Dique Inhaúma (meses)	Construção casco (meses)	Quant. cascos
456	264	192	120	24	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando os tempos de construção de cascos informados nos cronogramas do Quadro 18, os resultados do Quadro 26 indicam que se o escopo de descomissionamento de plataformas flutuantes for executado em sua totalidade, seria necessário que seis cascos de FPSOs deixassem de ser construídos nos estaleiros brasileiros, o que de certa forma não faria sentido, pois a construção de novas unidades agrega muito valor à indústria.

5 CONCLUSÕES

As atividades industriais dos estaleiros *offshore* brasileiro encontram-se atualmente com baixa ocupação se comparados com os principais concorrentes asiáticos que se mantêm em plena produção. Controversamente, as demandas dos produtores de petróleo por novas unidades *offshore* estão em franca ascensão no mercado brasileiro. A justificativa principal para que as demandas do mercado nacional não sejam produzidas no próprio território brasileiros estão relacionadas à competitividade da indústria *offshore* brasileira.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que as indústrias de óleo e gás brasileiras irão demandar a construção de 42 unidades de plataformas *offshore* do tipo FPSO para os próximos dez anos, o que deve fomentar bastante a economia nacional. A forma predominante deverá ser do tipo retilínea com tendência de construção de casos novos. Mesmo com as estimativas conservativas de altas taxas de produtividade dos poços, as unidades a serem construídas e instaladas devem passar de 40 unidades. Essas quantidades podem vir a variar de acordo com as demandas mundiais de petróleo para a próxima década e com o preço do barril de petróleo. Em uma visão de mercado de alta demanda e valorização do petróleo, a quantidade de unidades a ser construída pode vir a aumentar. Inversamente, em um cenário mais pessimista de desvalorização e queda da demanda do petróleo, as quantidades e novas unidades de FPSOs podem reduzir no tempo. Entende-se também que a disponibilidade de novas tecnologias de geração de energia como gás natural e fontes renováveis, ainda que em médio prazo (próximos dez anos), não deve afetar a demanda contratada de FPSO no Brasil, diante do consolidado mercado mundial de petróleo e dos contratos de longo prazo existentes no plano internacional.

Quanto ao modelo matemático desenvolvido na presente pesquisa, este se mostrou compatível com as previsões atuais do setor de óleo e gás. Destaca-se que o presente modelo pode ser mais desenvolvido com a adoção de métodos estatísticos complementares mais detalhados como Normal, Exponencial e Erlang, como também a introdução de eventos causais de alteração de demanda descritos no presente trabalho.

As construções dessas plataformas *offshore* revelam-se de altíssimo valor agregado incorporando modernas tecnologias e infraestruturas para os processos de fabricação e montagens, além de demandar alta quantidade de aço, equipamentos,

instalações elétricas e tubulações, cuja montagem exige consistentes planos de Programação e Controle de Produção (PCP), a exemplo de MRP, que devem suportar eficientes cronogramas de processos de transformação. Esse segmento industrial fomenta significativamente a economia de um país ou região com alta mobilização de recursos humanos e expressiva arrecadação de impostos.

Conforme os resultados obtidos nesta pesquisa, os estaleiros brasileiros foram recentemente reestruturados e, apesar de não terem tido a oportunidade de operarem explorando todo o seu potencial produtivo, em razão da recente problemática jurídico-política e econômica estabelecida no Brasil e, particularmente sobre o segmento naval-*offshore*, possuem capacidade instalada para atender à significativa parte da demanda de novas unidades de FPSOs para exploração e produção do petróleo em campos pré-sal brasileiro.

Os resultados obtidos indicam que a indústria local é capaz de construir plataformas de exploração e produção de petróleo e gás com processos semelhantes aos asiáticos e tempo de conclusão inferior a 20% em relação a estes (asiáticos), protagonizando um papel de extrema relevância para a indústria nacional. Constatase ainda ser possível ampliar a capacidade instalada nacional para as atividades de construção e integração de módulos, evidenciando-as como as que apresentam maior valor agregado dentro da árvore do produto dos FPSOs. Contudo, ao contrário destes principais países de referência, a exemplo de China e Singapura, onde se observa a existência de expressivo número de importantes estruturas de dique-seco, encontram-se disponíveis no Brasil apenas dois diques em estado operacional (Atlântico Sul e Ecovix), e um outro em fase final de construção (Enseada), muito embora todos apresentem dimensões e capacidades adequadas para construção de cascos de FPSO, construção de módulos e integrações de FPSOs. Esse recurso de infraestrutura (dique) certamente é um gargalo que necessita ser resolvido em médio prazo para que se possa atender à demanda reprimida de construções *offshore*, conforme analisado e demonstrado no modelo de previsão.

Do ponto de vista contábil, parece evidente que os custos de produção *offshore* no Brasil são elevados se comparados aos seus competidores externos, principalmente os construtores asiáticos. Constatase que os custos adicionais da produção dos estaleiros brasileiros têm diferentes razões, podendo-se destacar a insuficiente oferta de matéria-prima, exigindo elevados custos de importações e as incertezas quanto a continuidade da construção de plataformas. Isso dificulta a

incorporação de ganhos de produtividade por economia de escala e efeitos da curva de aprendizado, os quais poderiam contribuir para a redução dos custos de construção. No que se refere ao câmbio financeiro internacional, eventualmente esse segmento brasileiro se beneficia com a desvalorização da moeda nacional (real) frente ao dólar, por exemplo, implicando, ainda que artificialmente, maior competitividade aos estaleiros nacionais. Por outro lado, a já muito divulgada alta carga tributária e trabalhistas que incide em toda a indústria brasileira implica dificuldades para competir com a indústria estrangeira de referência. Propõe-se ainda, conforme também revelam os resultados desta pesquisa, que, para a consolidação da retomada da construção *offshore* no Brasil, sejam estabelecidas consistentes regras regulatórias para esse segmento industrial para que haja uma equidade com os principais países competidores. Os resultados gerados nesta dissertação indicam que o índice de CL mínimo, considerando a capacidade produtiva instalada, deveria situar-se entre 30% (construções de novos cascos) e 70% (construção de módulos e integração).

Outro aspecto que deve ser evidenciado refere-se às expressivas diferenças entre a estrutura da indústria asiática, quando comparada à brasileira. Além da considerável e vantajosa infraestrutura física de oficinas, diques secos e cais, ao contrário da indústria construtora brasileira, os estaleiros asiáticos possuem estrutura societária ainda mais sólida, com intensiva participação de bancos de fomentos estatais em sua formação acionária, possivelmente implicando reconhecida segurança financeira pelos produtores de petróleo, seus principais clientes. Essa solidez financeira, somada à *expertise* da indústria e à capacidade instalada, posiciona os estaleiros asiáticos entre os mais competitivos do mundo, a exemplo de China e Cingapura, trazendo para a correspondente indústria um baixo grau de risco associado. De certa forma, possivelmente, estas podem ser uma referência de destaque para que a indústria *offshore* brasileira possa ter mais paridade com seus concorrentes, faltando-lhe, assim, a introdução de uma nova e sustentável política de financiamento de longo prazo e garantias para seus investidores estaleiros, visto que a base tecnológica deste *benchmarking* internacional não é muito diferente do que se pratica na indústria nacional. Sem a introdução dessa política, o grau de percepção de risco das construções no Brasil continuará sendo alto, o que reflete no seu preço final junto aos clientes internacionais (afretadores e IOCs) e, conseqüentemente, reduzida competitividade.

Constata-se, portanto, que a metodologia empregada nesta pesquisa permitiu

gerar resultados impactantes e contribuiu para esclarecer possíveis dúvidas quanto à necessidade de flexibilização do CL, estabelecido por normativos do CNPE, assegurando-se, contudo, a necessidade de se estimular o desenvolvimento desta indústria com recursos nacionais, haja vista o potencial resultante gerado por esta pesquisa, o qual demonstra a possibilidade de construção de 14 novas plataformas (cascos, módulos e integração) e 16 de forma parcial (módulos e integração) no período de dez anos (2021 a 2030).

Esse importante segmento, portanto, certamente deverá continuar impactando positivamente a economia nacional e internacional por um longo e imprevisível tempo de duração. Trata-se de uma área industrial que viabiliza a obtenção e transformação do petróleo para usufruto da sociedade, gerando e/ou permitindo desenvolvimento social, ampla empregabilidade e capacitação de recursos humanos qualificados, inovações tecnológicas, sustentável exploração oceânica e extensa cadeia de suprimentos que inclusive envolve inúmeras microempresas, dentre muitos outros benefícios.

A presença de alguns mercados alternativos para os estaleiros que estão com poucas atividades, como descomissionamento *offshore*, necessita de uma avaliação mais adequada para entrada dos estaleiros nacionais, dado ao alto risco ambiental, falta de regulação do setor e baixíssimo valor agregado da atividade, visto o grande investimento já realizado que almeja a construção de ativos de alto valor agregado.

Salienta-se também que, conforme evidenciado no referencial teórico, essa indústria está preparando significativos avanços tecnológicos para o futuro, inovando suas operações na direção da incorporação de novas tecnologias de engenharias *offshore*, a exemplo do aproveitamento em larga escala da energia eólica, bem como da exploração do gás natural na plataforma continental brasileira, sobretudo em águas profundas. Ambas as tecnologias estão em ampla ascendência no mercado mundial e, dadas as características oceanográficas brasileiras extremamente favoráveis, coloca o Brasil em destaque para exploração dessas novas tecnologias ampliando o mercado *offshore*. A migração da engenharia *offshore* também para essas novas tecnologias indica um promissor futuro para esse segmento industrial.

REFERÊNCIAS

2019 WORLDWIDE survey of floating production, storage and offloading (FPSO) units. **Offshore magazine**, [s. l.], 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro**. Rio de Janeiro: ANP, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Setor de óleo e gás no Brasil impactos na economia**. Brasília, DF: ANP, 2018.

AGÊNCIA PETROBRAS P-59 e P-60. **Agência Petrobras**, Rio de Janeiro, 2012.

ALONSO, P. S. R. **Audiência da indústria naval**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Anuário Estatístico**. Brasília, DF: ANTAQ, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Impacto do custo Brasil na competitividade da indústria de máquinas e equipamentos**. São Paulo: ABIMAQ, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE. [**Marintec South America**]. Rio de Janeiro: ABENAV, 2014.

BENJAMIN, C.; FIGUEIREDO, N. The ship recycling market in Brazil – The Amazon potential. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 253, 2020. Não paginado.

BLANCO-NOVOA, O. *et al.* A practical evaluation of commercial industrial augmented reality systems in an industry 4.0 shipyard. **IEEE Access**, Piscataway, v. 6, p. 8201-8218, 2018.

BRANQUINHO, P.; SALOMÃO, E.; DUARTE, L. **A retomada da indústria naval brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Oportunidades na logística de distribuição de GNL Energética – EPE**. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano decenal de expansão de energia 2030. **Empresa de Pesquisa Energética**, Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Produção de petróleo e gás natural**. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.

BROUGHTON, P.; DAVIES, R.; GREEN, M. Dismantling the Maureen platform – an overview. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering**, London, v. 157, n. 2, p. 79-85, 2004.

CONNELLAN, C.; ROBERTSON, D.; CONNELLAN, C. FPSOs: overcoming challenges to unlock potential FPSOs: overcoming challenges to unlock potential. **White & Case**, New York, 16 aug. 2021.

CONTEÚDO local. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, Brasília, DF, 2021.

COSCO SHIPPING. Sobre nós. **Cosco Shipping**, [s. l.], n. 118, p. 8252, 2021.

FAST4WARD. **Offshore**, [s. l.], 2019.

FLOATING production the market heats up. **Offshore Engineer**, [s. l.], 2019.

FORTUNE, I. S.; PATERSON, D. M. Ecological best practice in decommissioning: a review of scientific research. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford, v. 77, n. 3, p. 1079-1091, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Regulação do descomissionamento e seus impactos para a competitividade do upstream no Brasil. **Cooperação e Pesquisa IBP – UFRJ**, Rio de Janeiro, 2017.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable energy benefits**. Masdar: IRENA, 2016.

IPEA. **Ressurgimento da indústria naval no Brasil (2000-2013)**. Brasília, DF: IPEA, 2014.

JIANG, L. *et al.* The disposition and management strategy of decommissioning offshore oil platform in Chengdao, China. **Energy Procedia**, [Amsterdam], v. 5, p. 525-528, 2011.

KAISER, M. J.; PULSIPHER, A. G. Scrap and storage markets in the Gulf of Mexico-III. process workflows and industry structure. **Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy**, London, v. 5, n. 3, p. 250-260, 2010.

KEN-SIK, M. Offshore technology: a heavy industry overview. *In*: INTERNATIONAL OFFSHORE AND POLAR ENGINEERING CONFERENCE, 15., 2005, Seoul. **Annals** [...]. Seoul: International Society of Offshore and Polar Engineers, 2005.

KEPPEL ganha contrato de conversão. **Offshore Energy**, [s. l.], 2020.

KHAKZAD, N.; RENIERS, G. Chapter six – safety of offshore topside processing facilities: the era of FPSOs and FLNGs. *In*: KHAN, F.; ABBASSI, R. (ed.). **Offshore process safety**. [Cambridge]: Elsevier, 2018. v. 2, p. 269-287.

KNECHT, G. R. Costing, technological growth and generalized learning curves. **Operational Research Quarterly (1970-1977)**, Basingstoke, v. 25, n. 3, p. 487-491, 1974.

KOLICH, D.; STORCH, R. L.; FAFANDJEL, N. Lean built-up panel assembly in a Newbuilding Shipyard. **Journal of Ship Production and Design**, Jersey City, p. 1-9, 2017.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Marketing**. São Paulo: Atlas, 1996.

KUBOTA, L. C. **Indústria naval**: um cenário dos principais players mundiais. Brasília, DF: IPEA, 2013. Nota técnica.

LEE, Y. G.; JU, S. H.; WOO, J. H. Simulation-based planning system for shipbuilding. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, London, v. 33, n. 6, p. 626-641, 2020.

LEPIC, B. Keppel wins \$74.7 million FPSO conversion deal. **OffShore Energy**, [s. l.], 2020.

MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE. **Resolution MEPC.196(62), adopted on 15 July 2011**. 2011 Guidelines for the development of the ship recycling plan. [S. l.]: MEPEC, 2011.

MCCAUL, J. What' s new in floating production?. **FPSO Network**, [Singapore], 2021.

MENDONÇA, M. Técnicas de prospecção e análise de cenários futuros nos governos e administração pública do Brasil: revisão da produção científica brasileira de 2001 a 2010. *In*: ENCONTRO DE ESTUDOS DE ESTRATÉGIA, 5., 2011, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: Anpad, 2011.

MEYER-GUTBROD, E. L. *et al.* Forecasting the legacy of offshore oil and gas platforms on fish community structure and productivity. **Ecological Applications**, Blackwell, p. 1-16, 2020.

OCAMPO, E. S.; PEREIRA, N. N. Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil?. **Journal of Cleaner Production**, Palm Bay, v. 224, p. 981-993, 2019.

OFFSHORE cost. **Offshore magazine**, [s. l.], 2012.

PARSIK, V.; ZHUKOVA, O.; PARSIAK, K. World shipbuilding: driving forces and relevant development vectors. **Baltic Journal of Economic Studies**, Frankfurt, v. 4, n. 5, p. 244, 2019.

PINHÃO, C. M. A. M. *et al.* Estaleiro de reparo e manutenção naval. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 50, p. 67-107, 2019.

PLANO estratégico Br 2121-2025. Rio de Janeiro: Petrobras, 2020.

QUEM somos. **Estaleiros do Brasil**, São João do Norte, [20--].

RAHMAN, S. M. M.; HANDLER, R. M.; MAYER, A. L. Life cycle assessment of steel in the ship recycling industry in Bangladesh. **Journal of Cleaner Production**,

Oxford, v. 135, p. 963-971, 2016.

RAHMAN, W. A. Z. W. A.; MOHD ZAKI, N. I.; ABU HUSAIN, M. K. Work breakdown structure application for man-hours calculation in hull construction shipbuilding in Malaysia. **Cogent Engineering**, London, v. 6, n. 1, p. 1-25, 2019.

REGULATION (EU) n° 1257/2013 of the parliament and of the council. **Official Journal of the European Union**, Oxford, p. 1-20, 2013.

SEMINI, M. *et al.* Offshoring strategies in Norwegian ship production. **Eurostat**, Estrasburgo, 2017.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE. **Agenda do SINAVAL para as eleições de 2018**. Rio de Janeiro: SINAVAL. 2018.

TANAKA, S.; TAKANO, K. **Next generation hull-platform “Noah-FPSO Hull” based on modular design and construction concept**. Trondheim: ASME, 2017.

THOLEN, J. **Traditional and new fields for shipyards’ activities – some selected ideas**. Bremen: University of Bremen, 2015.

TJIU, W. *et al.* Darrieus vertical axis wind turbine for power generation II: challenges in HAWT and the opportunity of multi-megawatt Darrieus VAWT development. **Renewable Energy**, New York, v. 75, p. 560-571, 2015.

VIANNA, G. M.; SENNA, J. P. F. Decommissioning in Brazil – business opportunities and the new regulation. **Lexology**, [s. l.], 2020.

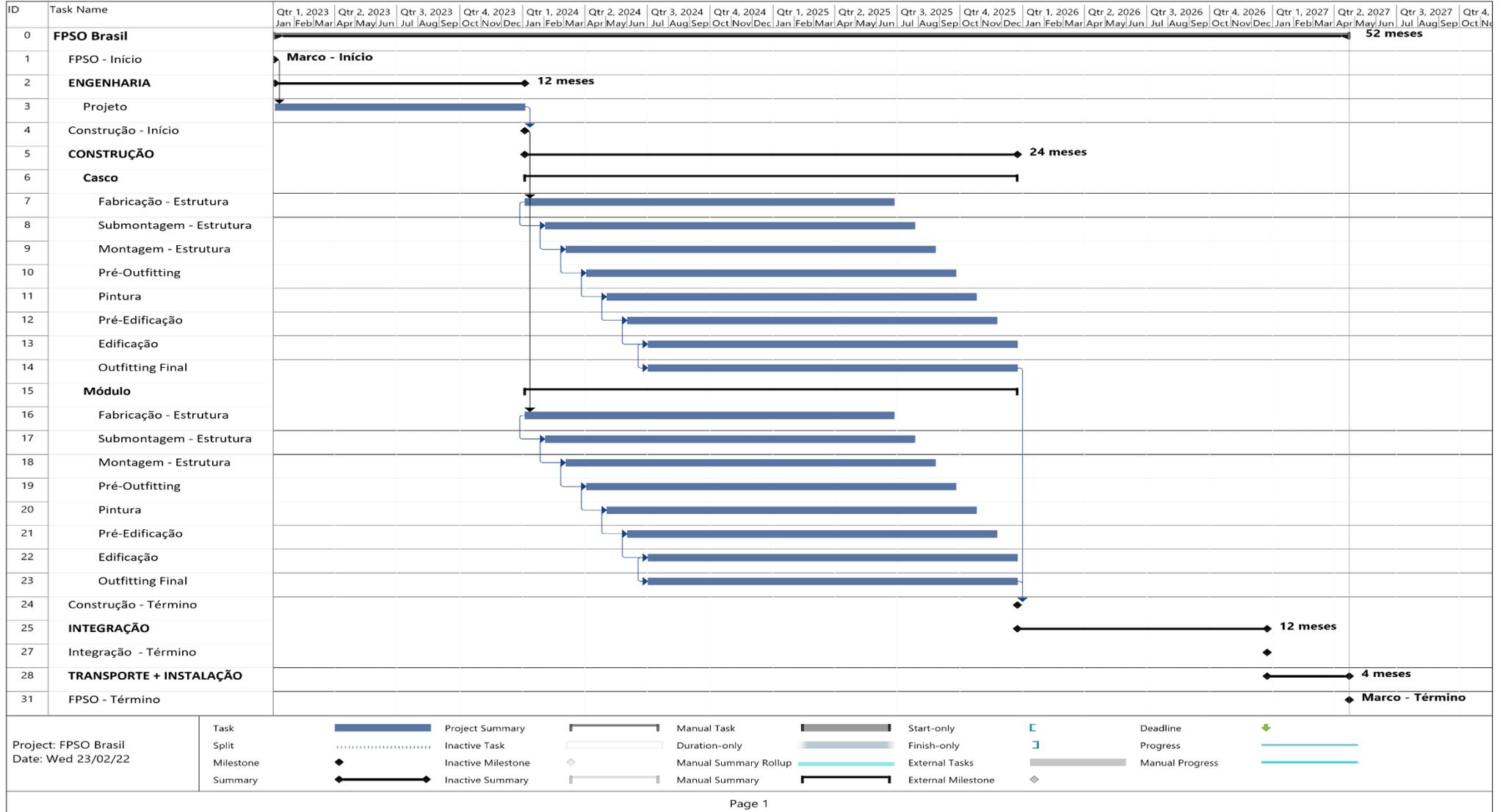
ZACARON, E. **Visão geral do descomissionamento na Petrobras**. Rio de Janeiro: Petrobras, [20--].

GLOSSÁRIO DE TERMOS NA LÍNGUA INGLESA

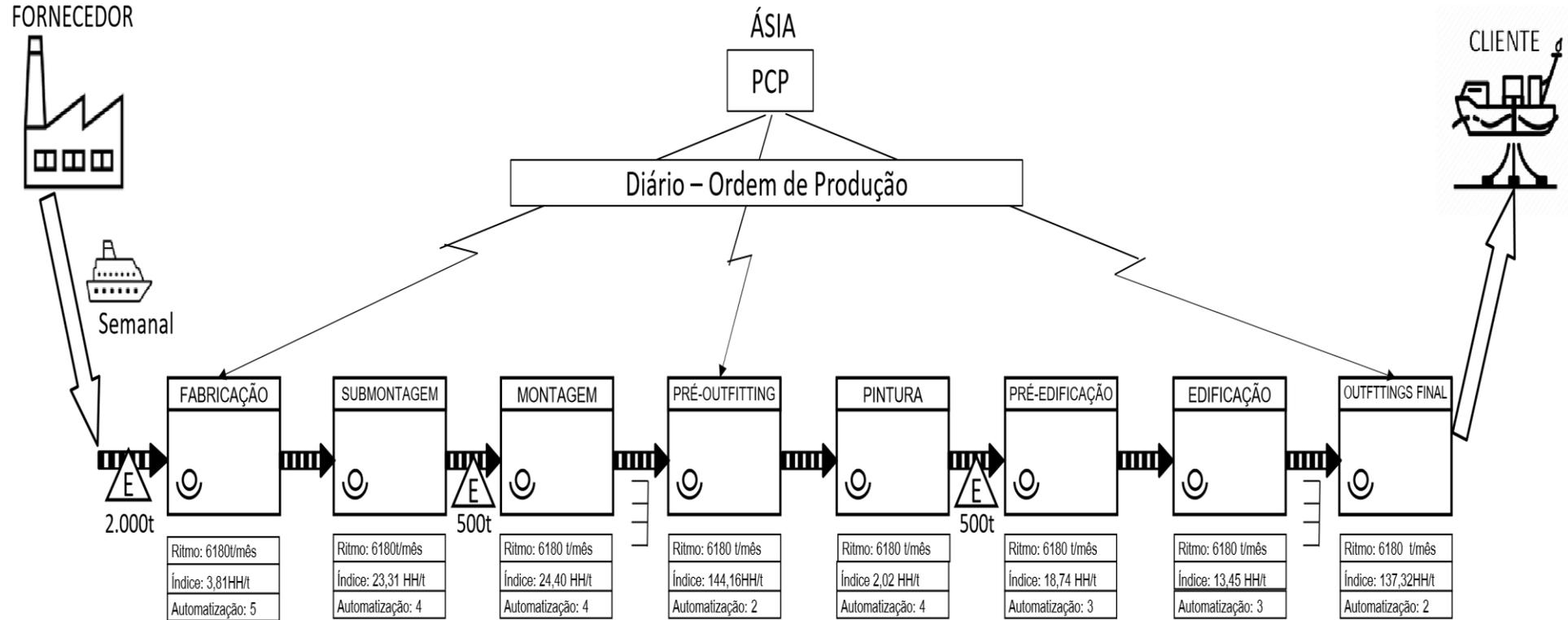
<i>Benchmarking</i>	processo de avaliação da empresa em relação à concorrência.
<i>Capex</i>	despesas de capital em investimentos de infraestruturas e máquinas.
<i>Downtimes</i>	parada de produção.
<i>Drill Ships</i>	sondas de perfuração.
<i>Equity</i>	participação societária.
<i>Expertise</i>	acervo tecnológico.
<i>Ex-works</i>	condição de entrega de mercadoria ou produto no local de origem.
<i>Goliath</i>	<i>Crane</i> guindaste tipo aporcado de grande capacidade.
<i>Inconterms</i>	condições gerais de frete de entrega do produto em certo local.
<i>Inputs</i>	entrada de dados.
<i>Layout</i>	arranjo geral dos estaleiros.
<i>Lead time</i>	tempo de fabricação e entrega para linha de produção.
<i>Market share</i>	participação de uma empresa em mercado ou negócios específicos.
<i>Modus operandi</i>	padrão de operação.
<i>Mooring</i>	atracação.
<i>New building</i>	construções novas relacionadas a casco.
<i>Offshore</i>	ativos construídos para operarem sobre águas.
<i>In the beaching</i>	termo para especificar trabalhos na praia (fora do dique).
<i>Outfittings</i>	acessórios auxiliares das plataformas como escadas, suportes, pequenas plataformas, calhas, escotilhas etc.
<i>Pallets</i>	suportes de madeira ou aço utilizados para armazenar itens.
<i>Performance</i>	capacidade de atendimento.
<i>Pipeline</i>	projetos ainda não contratados em fase de negociação final.
<i>Pipe-shop</i>	oficina de fabricação de tubulação.
<i>Players</i>	competidores.

<i>Pontoons</i>	base de plataformas semissubmersíveis.
<i>Rigging</i>	içamento.
<i>Spar</i>	tipo de plataforma flutuante de forma circular com ancoragem fixa
<i>Shipping</i>	navegação.
<i>Scraping</i>	sucateamento.
<i>Slots</i>	termo utilizado para reserva de capacidade de infraestrutura industrial.
<i>Spools</i>	semiacabado de uma tubulação industrial.
<i>Subsea</i>	estruturas submersas.
<i>Risers</i>	duetos submarinos condutores de petróleo.
<i>Tension Leg Platform</i>	plataforma semissubmersível com ancoragem fixa.
<i>Top sides</i>	planta industrial que fica acima do casco formada por módulos.

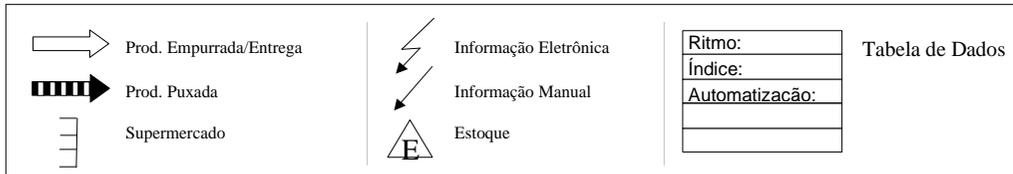
APÊNDICE B – Cronograma detalhado de construção de FPSOs no Brasil



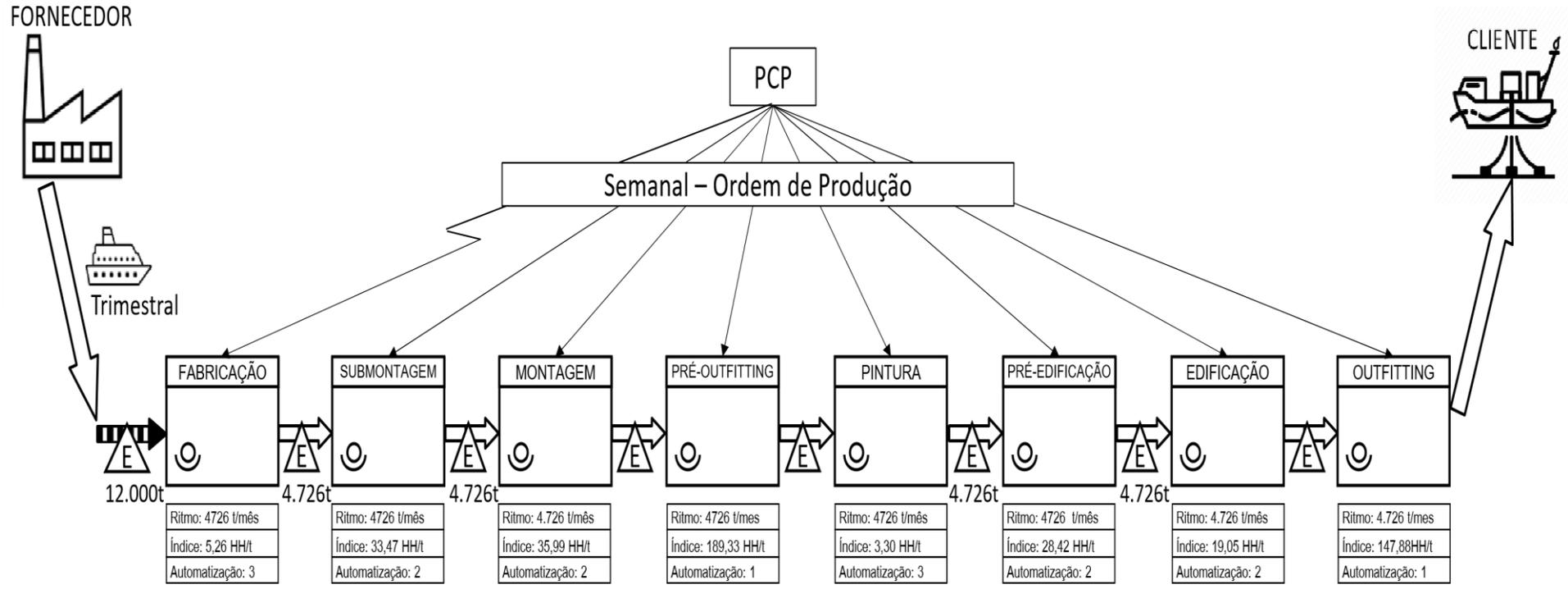
APÊNDICE C – Processo de construção e montagem de um FPSO de estaleiros asiáticos



LEGENDA

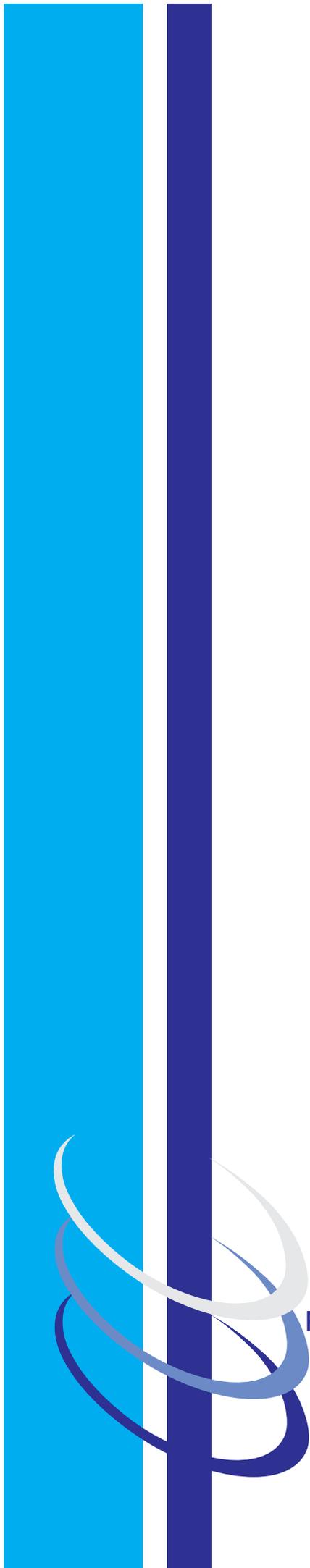


APÊNDICE D – Processo de construção e montagem de um FPSO de estaleiros brasileiros



LEGENDA

	Prod. Empurrada/Entrega		Informação Eletrônica	<table border="1"> <tr><td>Ritmo:</td></tr> <tr><td>Índice:</td></tr> <tr><td>Automatização:</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> Tabela de Dados	Ritmo:	Índice:	Automatização:	
Ritmo:								
Índice:								
Automatização:								
	Prod. Puxada		Informação Manual					
	Supermercado		Estoque					



UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>