



MODELO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS DE
DESEMPENHO: UMA ABORDAGEM EM CONSTRUÇÃO NAVAL

Priscila de Jesus Freitas Pinto

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientadores: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Cláudio Henrique dos Santos
Grecco

Rio de Janeiro

Abril de 2019

MODELO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS DE
DESEMPENHO: UMA ABORDAGEM EM CONSTRUÇÃO NAVAL

Priscila de Jesus Freitas Pinto

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza, D.Sc.

Prof. Cláudio Henrique dos Santos Grecco, D.Sc.

Prof. Francisco Antonio de Moraes Accioli Dória, D.Sc.

Prof. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D.Sc.

Prof. Mario Cesar Rodríguez Vidal, D.Sc.

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2019

Pinto, Priscila de Jesus Freitas

Modelo fuzzy para priorização de variáveis qualitativas de desempenho: uma abordagem em construção naval/ Priscila de Jesus Freitas Pinto. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XIII, 132p.: il., 29,7cm.

Orientadores: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Cláudio Henrique dos Santos Grecco

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 103-113.

1. Modelos Fuzzy 2. Construção Naval. 3. Desempenho. 4. Variáveis Qualitativas. 5. Tecnologia. 6. Localização industrial. I. Cosenza, Carlos Alberto Nunes *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

“Ser forte significa ser capaz de aprender,
ser capaz de defender o que sabemos”.

(Clarissa Pinkola Estés)

AGRADECIMENTOS

Primeiro gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar, colocar pessoas tão especiais no meu caminho e me dar força de seguir em frente e não desanimar com as dificuldades.

Aos meus pais, Terezinha e Raul, meus reis, minha fortaleza. Aprendi com eles que só se vence com o trabalho e estudo, mesmo em condições difíceis proporcionaram mais do que deveriam ou poderiam. Por todo amor e incentivo, essa vitória é nossa!

Ao Diogo, pela força do amor que nos une, pelo apoio irrestrito e pela espera nos momentos de ausência.

Ao Professor Getúlio Marques Martins por toda ajuda e paciência no início da construção desta pesquisa.

Ao amigo Professor Marcos Curi, pela amizade e carinho na vida, pela solidariedade no campo científico em momentos-chave, pelas ricas trocas durante esse percurso.

Às funcionárias do PEP/COPPE/UFRJ, Perla, Roberta, Lindalva e Claudete, do PENO/COPPE/UFRJ, à Lucianita, todas queridas, pela paciência e atenção tornando possível todos os percursos para concretização deste trabalho.

Aos professores Francisco Antonio de Moraes Accioli Dória, Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, Mario Cesar Rodríguez Vidal e Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, por terem aceitado o convite de participar desta banca e pelas sugestões que muito contribuirão para a melhoria desse trabalho.

Ao querido orientador Cláudio Henrique dos Santos Grecco, pela generosidade, sua competência teórica, seus ricos ensinamentos, paciência, oportunidade de convívio, pelas críticas e sugestões que possibilitaram a elaboração deste trabalho.

Ao querido orientador Carlos Alberto Nunes Cosenza, um ser humano incrível, por sua solidariedade e generosidade peculiar, por acreditar e confiar em meu trabalho, pelo seu exemplo como pessoa e profissional.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

MODELO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS DE
DESEMPENHO: UMA ABORDAGEM EM CONSTRUÇÃO NAVAL

Priscila de Jesus Freitas Pinto

Abril / 2019

Orientadores: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Cláudio Henrique dos Santos Grecco

Programa: Engenharia de Produção

A indústria mundial de construção naval evoluiu consideravelmente nos últimos anos e alguns fatores quantitativos e qualitativos influenciam a competitividade das unidades de produção navais, os estaleiros. O desenvolvimento dos processos de construção naval depende da evolução das técnicas de fabricação, das técnicas de planejamento, organização, controle de processos e ambiente externos. Fatores que permitem uma organização de produção naval evoluir em desempenho. Em geral, no desempenho se analisam variáveis quantitativas através de modelos matemáticos e lineares, porém em relação as variáveis qualitativas, devido a sua subjetividade por se tratar de percepções humanas, não é comum organizações que trabalhem o desempenho destes fatores, igualmente críticos para conquista de competitividade. Este é o objetivo da pesquisa, analisar fatores qualitativos em construção naval, os escolhidos que compõem o modelo proposto são tecnologia e localização industrial. Nesse contexto, esta pesquisa apresenta um modelo de avaliação de priorização de variáveis qualitativas de desempenho, o qual apresenta o original tratamento pela teoria dos conjuntos *fuzzy* de fatores críticos qualitativos expressos em termos linguísticos por especialistas que atuam no setor brasileiro para gerar a priorização destes fatores que influenciam também o melhor desempenho de um estaleiro. O modelo foi aplicado em um estaleiro específico e os resultados mostraram que o modelo *fuzzy* proposto é uma boa ferramenta de avaliação de fatores qualitativos de desempenho para identificar a distância da unidade da priorização especialista do modelo.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

FUZZY MODEL FOR THE PRIORITIZATION ANALYSIS OF VARIABLE QUALITY
PERFORMANCE: AN APPROACH IN SHIPBUILDING

Priscila de Jesus Freitas Pinto

April / 2019

Advisors: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Cláudio Henrique dos Santos Grecco

Department: Production Engineering

The world shipbuilding industry has evolved considerably in recent years. Some quantitative and qualitative factors influence the competitiveness of naval production units, the shipyards. The development of shipbuilding processes depends on the evolution of manufacturing techniques, techniques of planning, organization, control of processes and external environment. Factors that allow a shipbuilding organization to evolve in performance. In general, in the performance, quantitative variables are analyzed through mathematical and linear models. But in relation to the qualitative variables, due to its subjectivity because it deals with human perceptions. It is not common for organizations to work on the performance of these factors, which are equally critical to achieving competitiveness. This is the objective of the research, to analyze qualitative factors in shipbuilding in the Brazilian case. The chosen ones that compose the proposed model are technology and industrial location. In this context, this research presents a prioritization evaluation model of qualitative performance variables. Which presents the original treatment by the fuzzy sets of qualitative critical factors expressed in linguistic terms by specialists working in the Brazilian sector. To generate the prioritization of these factors that also influence the best performance of a yard. The model was applied at a specific shipyard. The results showed that the proposed fuzzy model is a good tool for the evaluation of qualitative performance factors to identify the distance of the unit from the specialist prioritization of the model.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação do tema	1
1.2 Objetivo geral	2
1.3 Objetivo específicos	2
1.4 Metodologia da pesquisa	2
1.5 Estrutura do trabalho	5
2 REVISAO DA LITERATURA	7
2.1 A função produção nas organizações	7
2.2 Abordagens tradicionais de avaliação de produtividade e desempenho	9
2.3 Medições de desempenho na perspectiva qualitativa	13
2.4 Introdução a lógica <i>fuzzy</i>	15
2.5 Conjuntos <i>fuzzy</i>	17
2.6 Números <i>fuzzy</i>	20
2.7 Variáveis linguísticas	21
2.8 Raciocínio <i>fuzzy</i>	22
2.9 Métodos <i>fuzzy</i> de decisão	24
3. ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO E DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO NAVAL	27
3.1 Histórico da construção naval brasileira	27
3.2 Organização da produção	30
3.3 Desempenho naval	32
3.4 Indicadores de desempenho	34

3.5 Tecnologia em construção naval	37
3.6 Localização industrial em construção naval	43
4 MODELO PROPOSTO DE PRIORIZAÇÃO	51
4.1 Estrutura de fatores críticos	51
4.2 Estrutura de Priorização	54
5 APLICAÇÃO DO MODELO DE PRIORIZAÇÃO	68
5.1 Modelo Aplicado	68
5.2 Análises dos resultados	82
5.3 Aplicação do modelo e a distância da realidade em um exemplo exploratório de uma unidade de produção específica	93
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
APÊNDICES	114
Apêndice 1: Ferramenta de coleta de dados do especialista	1115
Apêndice 2: Planilha para determinação do grau de relevância de fatores de tecnologia em construção naval	116
Apêndice 3: Planilha para determinação do grau de relevância de fatores de localização industrial em construção naval	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de conjunto de pontos (x_i, y_i)	16
Figura 2: Representação gráfica de diferentes níveis de pertinência.	17
Figura 3: Operações entre conjuntos <i>fuzzy</i> : (a) união; (b) interseção.	20
Figura 4: Representação gráfica dos números <i>fuzzy</i> triangular.	21
Figura 5: Funções de pertinência dos termos linguísticos para a variável “altura”.	22
Figura 6: Etapas do raciocínio <i>fuzzy</i> .	23
Figura 7: Mão de obra diretamente empregada na indústria de construção naval entre 1960 e 1998 (adaptado de PASIN, 2002)	28
Figura 8: Mão de obra diretamente empregada na indústria de construção naval entre 1998 e 2008 (adaptado de SINAVAL, 2007 e 2009)	30
Figura 9: Fluxo de produção em um estaleiro de Construção Naval (adaptado de Pinto, 2007)	31
Figura 10: Mapeamento parcial de processo de Almoxarifado de Estaleiro (adaptado de FUSP, 2015)	32
Figura 11: Condições de produtividade de segmentos navais (adaptado SINAVAL, 2014)	33
Figura 12: Níveis tecnológicos padrão internacional (adaptado AALTO, 2015).	41
Figura 13: Nível tecnológico brasileiro segundo Dores <i>et al.</i> (2012).	42
Figura 14: Etapas do modelo de proposto de priorização.	55
Figura 15: As variáveis linguísticas, os termos linguísticos e os gráficos das funções de pertinência.	59
Figura 16: Representação da área de interseção de duas opiniões <i>fuzzy</i> (BR e CR).	62
Figura 17: Representação da área de união de duas opiniões <i>fuzzy</i> (BR e CR).	63
Figura 18: Representação gráfica de distribuição de especialistas por titulação acadêmica.	71
Figura 19: Representação gráfica de distribuição de especialistas por cargo ocupado.	72

Figura 20: Representação gráfica dos graus de importância dos 74 especialistas.

Figura 21: Função de pertinência do fator “Controle do tempo de 81 movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Figura 22: Padrão de priorização de variáveis qualitativas por 85 tecnologia.

Figura 23: Padrão de priorização de variáveis qualitativas por 85 localização industrial.

Figura 24: Padrão de priorização de variáveis qualitativas em 86 construção naval.

Figura 25: Padrão de priorização de variáveis qualitativas em 87 construção naval com α -cut.

Figura 26: Funções de pertinência dos números *fuzzy* para termos 95 linguísticos na avaliação dos graus de atendimento.

Figura 27: Representação gráfica dos graus de atendimento das 99 variáveis qualitativas em relação ao padrão de priorização.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos níveis tecnológicos internacionais adaptado para o português.	52
Tabela 2: Números <i>fuzzy</i> para os termos linguísticos.	60
Tabela 3: Valores das áreas de interseção das opiniões <i>fuzzy</i> .	62
Tabela 4 - Valores das áreas de união das opiniões <i>fuzzy</i> .	63
Tabela 5: Exemplo de um estabelecimento de padrão de priorização para o conceito “Movimentação de Carga”.	67
Tabela 6: Fatores críticos em tecnologia em construção naval.	69
Tabela 7: Fatores críticos em localização industrial.	69
Tabela 8: Opiniões dos especialistas.	73
Tabela 9: Conferência dos dados coletados dos especialistas.	74
Tabela 10: Termos linguísticos usados pelos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	76
Tabela 11: Valores da área de interseção das opiniões dos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	76
Tabela 12: Valores da área de união das opiniões dos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	77
Tabela 13: Matriz de concordância entre os especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	77
Tabela 14: Valores da concordância relativa de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	78
Tabela 15: Valores do grau de concordância relativa de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	79
Tabela 16: Valores do coeficiente de consenso de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.	80

- Tabela 17: Avaliação dos fatores críticos no contexto de construção naval brasileiro. 82
- Tabela 18: Valores em ordem decrescente de grau de importância setorial pelas grandes etapas padrão de produção em tecnologia dos fatores críticos – Padrão de priorização setorial de tecnologia. 83
- Tabela 19: Valores em ordem decrescente de grau de importância geral em tecnologia dos fatores críticos – Padrão de priorização de tecnologia. 84
- Tabela 20: Valores em ordem decrescente de grau de importância geral em localização industrial dos fatores críticos – Padrão de priorização de localização industrial. 85
- Tabela 21: Valores em ordem decrescente de grau de importância global dos fatores críticos qualitativos – Padrão de priorização qualitativa em construção naval. 86
- Tabela 22: Números *fuzzy* para termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento. 95
- Tabela 23 – Resultado da Avaliação dos Fatores Críticos pelo Especialista. 96
- Tabela 24 – Valores Fuzzy dos graus de atendimento dos fatores críticos conforme a opinião do especialista. 97
- Tabela 25 – Valores dos graus de atendimento da unidade de construção naval específica em relação ao objeto desta pesquisa o modelo de padrão de priorização de variáveis qualitativas. 98

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o tema da tese e sua relevância. Além disso pretende-se apresentar o universo considerado para o estudo, a questão e os objetivos da pesquisa, assim como a metodologia adotada na pesquisa, a estrutura do trabalho e contribuições.

1.1 Apresentação do tema

O tema análise de desempenho, já tratado em vários trabalhos, tem sido discutido em pesquisas sobre sistemas de medição de produtividade. Apesar das inúmeras iniciativas mencionarem a utilização de várias abordagens para avaliação como ferramentas eficazes (por exemplo, modelos multicritérios e programação linear), inúmeros problemas vêm sendo encontrados no julgamento próprio da avaliação de resultados de natureza subjetiva.

Através da investigação da literatura em seu estado da arte, percebe-se que um dos desafios da gestão de desempenho é torná-la mais sistêmica, eficiente e menos complexa. O desempenho, sua avaliação e seu posterior modelo de indicadores de desempenho vêm sendo utilizados ao longo do tempo por organizações para medir e acompanhar o próprio desempenho (WAGGONER *et al.*, 1999).

Porém, em muitos casos, tais indicadores são subutilizados, limitados a variáveis quantitativas ou pela simples razão do que o sistema produz pelo que consome. Faltam-lhes serem trabalhados de forma sistêmica para fornecer uma visão abrangente para bases comparativas de desempenho (DEMETER *et al.*, 2011).

Nesse sentido a lógica fuzzy, apropriada para lidar com situações de incerteza e subjetividade, seria uma boa alternativa para tratar a problemática da análise de produtividade. Muitas medidas de natureza qualitativas e ambíguas podem ser descritas subjetivamente por meio de termos linguísticos, o que não é possível com a utilização das abordagens tradicionais de avaliação de desempenho.

1.2 Objetivo geral

A tese propõe responder à seguinte questão de pesquisa: como a lógica *fuzzy* pode ser usada para analisar variáveis qualitativas do processo de produção em construção naval, contribuindo para a tomada de decisão gerencial embasada na priorização de fatores críticos de tecnologia e localização industrial?

A partir da proposição de pesquisa formulada, a tese tem como objetivo principal apresentar um modelo de análise do aspecto qualitativo baseado em lógica *fuzzy* que seja capaz de entregar um padrão de priorização de fatores críticos, com aplicação do modelo no contexto da construção naval brasileira.

1.3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos desta pesquisa, podem ser citados:

- Estudar possíveis relações de causa e efeito entre o desempenho de produção e a relevância de fatores críticos qualitativos de tecnologia e localização industrial nesse contexto;
- Identificar tendências de desempenho, comportamento na construção naval;
- Entregar um padrão de priorização qualitativa em construção naval.

1.4 Metodologia da pesquisa

Uma vez definido o objetivo geral do trabalho – “como a lógica *fuzzy* pode ser usada para analisar variáveis qualitativas do processo de produção em construção naval, contribuindo para a tomada de decisão gerencial embasada na priorização de fatores críticos de tecnologia e localização industrial” – foram realizadas pesquisas bibliográficas

sobre as metodologias de análise de desempenho da localização industrial e tecnologia existentes na literatura nacional e internacional.

Foi realizada uma busca na base de dados *on-line Science Direct*, que não só é uma base de consulta acessível para a autora, como também disponibiliza estudos que passam por uma apreciação criteriosa de conhecedores, assegurando dessa maneira, a qualidade do material consultado. Alguns estudos mencionam a utilização da lógica *fuzzy* na simulação de desempenho, no entanto, referências relacionadas diretamente aos temas “*shipbuilding, measurement or performance, fuzzy, simulation, technology, industrial environment*” na realidade brasileira não foram encontradas nas bases de dados ao longo da construção dessa tese. O que aponta o caráter inovador da tese na contribuição para a literatura brasileira.

Observa-se que na literatura existem diversas perspectivas para os modelos de sistemas de medição e avaliação de desempenho. Relaciona-se, por exemplo, o planejamento estratégico com a medição de desempenho efetuado pelo *benchmarking* estratégico, que serve como uma bússola de navegação muito útil (DEMETER *et al*, 2011).

Nesta pesquisa é utilizado um método fundamentado em conceitos de lógica *fuzzy* que analisa fatores críticos qualitativos em construção naval. Tem característica exploratória por utilizar definições em termos linguísticos que caracterizam níveis de tecnologia e localização industrial, resultado da ferramenta de coleta de dados dos especialistas que atuam na área no Brasil – os questionários. Tais termos linguísticos são a base para a modelagem do modelo proposto de priorização.

Posterior à análise de metodologias encontradas na pesquisa da literatura, foram estabelecidas as premissas da metodologia proposta e a escolha da ferramenta mais adequada e viável, levando-se em consideração aspectos qualitativos (termos linguísticos) e quantitativos (modelagem matemática da lógica *fuzzy*). No modelo proposto neste trabalho é possível analisar de forma sistêmica as variáveis qualitativas de entrada, uma vez que a própria lógica de modelagem *fuzzy* é baseada numa visão de processos interconectados, estruturando-se por meio de variáveis de entrada – fuzziificação, inferência e variáveis de saída – defuzziificação.

A partir de definições de taxionomia de Vergara (2005), esta pesquisa de tese é aplicada com objetivo da resolução de um problema presente. A escolha desse tema é

fundamentada na limitada quantidade de referências que abordem tal temática. Uma pesquisa exploratória, por propor um modelo a partir da avaliação das opiniões dos especialistas, por usar referenciais teóricos e práticos já aplicados com sucesso para definir, modelar e manejar as variáveis. Na construção da estrutura do modelo proposto foi utilizado o software Excel.

A maneira de abordar o tema desta pesquisa e seus respectivos resultados, quanto ao método, segue referencial teórico classificatório como quanti-qualitativo (Richardson et al, 2008). Caracteriza-se como quantitativo, na medida em que utiliza aspectos da lógica matemática no tratamento de dados coletados e, por outro lado, como qualitativo, pela utilização de termos linguísticos e sua respectiva procura por significados dentro da natureza do tratamento *fuzzy* utilizado (RICHARDSON *et al*, 2008).

Esta pesquisa é, quanto aos procedimentos escolhidos na coleta de dados, um típico estudo de caso com objeto de análise da indústria de construção naval brasileira, de acordo com as delimitações da pesquisa e recursos disponíveis (YIN, 2001).

O modelo especialista leva em consideração a percepção de especialistas, engenheiros navais com experiência de atuação no setor brasileiro. O universo disponível foi conformado por agentes profundamente envolvidos com o setor, capazes de definir graus de relevância para os fatores que foram analisados. O peso das percepções dos especialistas foi estipulado em função do cargo ocupado e da titulação acadêmica na área.

Os dados trabalhados pela metodologia *fuzzy* não são probabilísticos por julgamento, pois foram consultadas importantes partes interessadas dentro do universo da construção naval. Os instrumentos utilizados neste trabalho foram questionários estruturados, de perguntas com respostas fechadas, estruturadas em escalas de intervalos com termos linguísticos, subsidiando entrevistas qualitativas estruturadas (LAKATOS e MARCONI, 1991).

Em relação à análise dos dados, ao tratamento das variáveis linguísticas e à leitura qualitativa, se darão pela utilização da metodologia da lógica *fuzzy*, que tem por característica a incorporação de variáveis linguísticas, gerando conclusões ao final quantitativas, enquadrando-se em categoria de quanti-qualitativa.

Quanto ao procedimento, um grupo de onze especialistas atuantes em área de interesse em construção naval no Brasil, com pesos diferentes de acordo com a titulação na área e o cargo ocupado, denominados “especialistas”, responderam a um questionário

estruturado a partir de fatores identificados como críticos na formação do desempenho qualitativo naval. O questionário é composto de perguntas que atribuem, segundo a percepção de cada profissional, a relevância e a importância dos fatores “tecnologia” e “localização industrial” na construção naval brasileira, estabelecendo-se a partir daí o desempenho qualitativo de acordo com as zonas de pertinência, própria ao tratamento *fuzzy*.

Estes termos linguísticos, tratados pela regra da Lógica *Fuzzy*, compuseram um rol para cada atributo, onde, por ordenamento de relevâncias, se identificaram as prioridades demandadas pelos diversos fatores apontados. Essa identificação permite, após o devido processo e a partir do resultado defuzzificado, o direcionamento de novas estratégias, bem como a análise de fatores críticos para um melhor desempenho na área da construção naval.

O questionário estruturado, respondido pelo grupo acima mencionado, foi composto, na parte de tecnologia, por fatores que denotam nível tecnológico com base em padrão internacional de domínio público, disponível em website da Aalto University (AALTO, 2015). No que toca à localização industrial, fundamenta-se no conceito de localização industrial orientados pelo Modelo *Fuzzy* COPPE-Cosenza de hierarquização de vocações industriais (COSENZA *et al*, 1975). O grupo de especialistas atribuiu pontuações no questionário de acordo com suas percepções pessoais de experiência profissional.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta pesquisa está estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução. A organização da pesquisa foi construída com o objetivo de demonstrar concordância com as suposições, as questões, os objetivos e a metodologia da pesquisa.

No Capítulo 2 apresenta-se a revisão da literatura, a evolução da função produção nas organizações, as avaliações de desempenho e produtividade, a perspectiva da medição de desempenho qualitativa e a lógica *fuzzy*, para fundamentar o modelo proposto.

No Capítulo 3 aborda-se a estrutura da avaliação de desempenho dentro do contexto de construção naval. Para isso, primeiramente apresenta-se o histórico da

construção naval, bem como sua organização de produção. A seguir, aborda-se a produtividade naval utilizada pelas organizações e seus principais indicadores, sendo eles quantitativos. Por fim, os aspectos qualitativos de tecnologia e de localização em construção naval são abordados.

No Capítulo 4 foi feito o estudo para a construção do modelo proposto de priorização, objetivo da pesquisa. Neste capítulo demonstra-se a estrutura dos fatores críticos que serão objeto de análises, bem como a estrutura do modelo de priorização, passo a passo. As contribuições alcançadas até esta etapa do modelo foram publicadas no Seminário em Tecnologia da Informação Inteligente, que ocorreu em novembro de 2018 em São Paulo, capital.

No Capítulo 5 é aplicado, após coleta de opiniões dos especialistas, o modelo proposto padrão de priorização qualitativa em construção naval. A análise dos resultados do modelo, obtidos pela aplicação do método *fuzzy* é explicada ponto a ponto e, ao final do capítulo, faz-se a comparação do resultado padrão de priorização obtido pelo modelo proposto com a realidade de uma unidade específica de construção naval, no qual consultou-se através um estaleiro localizado no estado do Rio de Janeiro.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões, considerações gerais, limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

A ferramenta de coleta de dados dos especialistas e as planilhas utilizadas no estabelecimento do padrão de priorização qualitativa em construção naval são apresentados, respectivamente, nos Apêndices 1, 2 e 3.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo trata de toda a literatura relacionada a esta pesquisa. Ele concentra os vários tipos de avaliação de desempenho, dentro da função produção nas organizações, e discute a evolução da lógica *fuzzy* como ferramenta de avaliação qualitativa ou linguística. Os atributos de tecnologia e de localização industrial e a avaliação de desempenho (sob a perspectiva desses atributos), utilizando a lógica *fuzzy*, são abordados. O uso dos sistemas especialistas em várias aplicações é descrito. Finalmente, o básico dos conjuntos *fuzzy* é descrito. O objetivo deste capítulo é fornecer os *inputs* necessários para o projeto de um sistema de avaliação de desempenho em cadeias de produção que propicie uma base para a estrutura do modelo *fuzzy* a que se propõe este trabalho. Este capítulo está estruturado de maneira a trabalhar, gradativamente, conceitos que envolvam a função produção nas organizações e medições de desempenho em cadeias de produção.

2.1 A função produção nas organizações

Durante muito tempo o ser humano foi nômade e depois passou a habitar lugares permanentes. Essa escolha possibilitou o desenvolvimento da pecuária e da agricultura e iniciou a atividade hoje denominada como produção. Ao longo dos anos os nossos ancestrais perceberam que, ao invés de cada pessoa produzir individualmente tudo de que precisava, era mais eficiente aumentar a escala do que cada um tinha mais facilidade em produzir e obter o restante por meio de trocas com seus vizinhos. Esse procedimento, mais tarde chamado de escambo, é a origem do comércio e da atividade hoje conhecida como venda, que é a troca de produtos, seja mercadoria ou serviço, por moeda.

Com o advento da moeda esse processo foi muito facilitado, gerando, inclusive a possibilidade de economizar. A existência de dinheiro viabilizou a acumulação de recursos para diversos fins, incluindo o montante necessário para atividades produtivas futuras. Na segunda metade do século XVIII a invenção da máquina a vapor, que iniciou a substituição do trabalho humano pelo mecânico, trouxe a Revolução Industrial e a expansão das fábricas. Como as máquinas executam tarefas repetitivas, tornou-se necessário,

nesse novo ambiente de produção, que o trabalho seja feito de forma padronizada. Por outro lado, o manuseio de máquinas e a menor variação de tarefas, com os trabalhadores tendo que se concentrar por longos períodos em poucas ações, causaram a necessidade de treinamento, que já estava preocupado com o aprendizado, era focado em aspectos mais específicos do trabalho, como preparar uma máquina para produção ou alimentá-la adequadamente (SIQUEIRA, 2009).

No começo do século XX Frederick Taylor, ansioso por tornar a produção mais eficiente e desenvolver maneiras de administrar as fábricas de médio porte que já existiam, desenvolveu o que chamou de administração científica. Entre as contribuições de Taylor para aumentar a produtividade, podemos destacar a introdução da análise de tempo e movimento na produção, a ideia de especialização do trabalhador e a noção de que os funcionários devem ser economicamente motivados para produzir mais. Pouco depois, Henry Ford, que planejava fabricar carros baratos o suficiente para que todos pudessem comprar, usou e desenvolveu as ideias de Taylor e criou a linha de montagem. Sua empresa conseguiu produzir grandes quantidades, com grande rapidez e baixo custo. Isso tornou viável a produção em massa e levou a um forte crescimento econômico nos Estados Unidos. Com pequenas mudanças, o fordismo foi o meio de produção que virtualmente guiou o mundo inteiro até que, após a Segunda Guerra Mundial, a indústria automobilística japonesa - mais precisamente a Toyota - introduziu a produção enxuta, uma forma de desenvolver produtos melhores com baixo custo e rentabilidade superior. A produção enxuta foi baseada na ideia de trabalhar com a menor quantidade de estoque (conhecido como just-in-time), controle de qualidade e uso de trabalhadores versáteis. Hoje em dia todas essas ideias são assimiladas o suficiente, completadas e até elevadas a um nível superior pelo uso de tecnologia e robôs (SIQUEIRA, 2009).

A função de produção pode ser considerada como uma coleção de recursos e atividades necessários para que a empresa realize sua atividade de processamento de produzir bens ou serviços físicos. Os recursos utilizados pela função de produção são máquinas, edifícios, tecnologia, equipamentos, insumos, matérias-primas e pessoas envolvidas na transformação de um bem em outro de maior valor ou fornecimento de bens de serviço. Slack (et al, 2009) argumenta que a função de produção é, de fato, a função central das organizações, sejam elas fabricantes ou prestadores de serviços, e que elas são a própria razão de sua existência.

2.2 Abordagens tradicionais de avaliação de produtividade e desempenho

Pode-se definir uma medida de desempenho como uma métrica utilizada para quantificar a eficiência e eficácia de um processo (NEELY *et al*, 1995). O termo avaliação de desempenho começa a ser registrado no final do século XIII pela contabilidade. Porém a partir do século XIX é que o campo de avaliação ou medição de desempenho evoluiu de forma substancial, em virtude do surgimento de modelos de produção em massa e da consequente especialização do trabalho. Por muitos anos o conceito de gerenciamento de desempenho era sinônimo de análise de produtividade do funcionário ou operário nos termos da época, isso se dava pelas raízes do conceito de “*scientific management*” de Taylor (1911).

Na década de 50, durante os primeiros anos da globalização, o desenvolvimento de abordagens mais sofisticadas para o gerenciamento da produtividade ou desempenho levou à ênfase nos processos de fabricação e capacidade de vendas (NEELY e AUSTIN, 2002). A maior ênfase foi dada a medidas financeiras para controlar a organização, tais como vendas, desempenho e retorno sobre o investimento e, portanto, sistemas de contabilidade de custos e controles de gestão foram projetados nesses moldes (NUDURUPATI *et al.*, 2011).

Contudo o aumento do preço do petróleo bruto de 1970 a 1974 colocou restrições sobre recursos disponíveis e o foco foi deslocado para a eficiência operacional e a eficácia (HAYES e ABERNATHY, 1980). Entraram em cena, então, novas dimensões do desempenho, como qualidade, tempo e flexibilidade, ou seja, vários acadêmicos, o meio científico e profissionais de mercado reconheceram a necessidade de mudar os sistemas tradicionais de medição contábil para ser possível acomodar as novas filosofias e dimensão de manufatura (DIXON *et al.*, 1994).

A revolução na avaliação de desempenho começou no final dos anos 1970 e início dos anos 80, com a insatisfação dos sistemas tradicionais de contabilidade retrógrada. Desde então tem ocorrido o desenvolvimento na concepção de um sistema de medição de

desempenho (performance measurement system – PMS), com ênfase em medidas não-financeiras, externas e voltadas para o futuro (NEELY *et al.*, 1994). Diversos PMS foram propostos ao longo dos anos, como custeio baseado em atividades (*activity based costing* – ABC) por Cooper e Kaplan (1988), matriz de medição de desempenho por Keegan *et al.* (1989), valor econômico agregado (*economic value added* – EVA) por Stewart (1991), o *balanced scorecard* (BSC) por Kaplan e Norton (1992), *The European excellence model* (EFQM 1999) e o Modelo SCOR da cadeia de suprimentos (Supply Chain Council's SCOR Model). Liu e Yao (2006) sugerem uma abordagem integrada para medir o desempenho da cadeia de suprimentos combinando o EVA, BSC e ABC. A aplicação da análise hierárquica de processos (AHP) dentro da estrutura do BSC aparece em muitos estudos, assim como a aplicação de uma abordagem integrada usando AHP e lógica *fuzzy*. Seçme *et al.* (2009) aplicam essa técnica AHP-*Fuzzy* na avaliação de desempenho no setor bancário turco, enquanto Sun (2009) desenvolveu um modelo usando essa técnica para avaliar diferentes organizações fabricantes de *notebooks*. Wang e Chang (2007) propõem uma abordagem integrada de BSC com lógica *fuzzy* para avaliar o desempenho de uma organização de tecnologia. Outra métrica muito encontrada em diversos estudos é a análise envoltória de dados (*data envelopment analysis* – DEA). Banker *et al.* (2007) combina um DEA com BSC para avaliar inter-relações e *trade-offs* entre as dimensões alternativas de desempenho em organizações de telecomunicações dos EUA. Wong e Wong (2007) ilustram o uso de DEA na medição de desempenho da cadeia de suprimentos interna. Zeydan e Çoplan (2009) desenvolveram um sistema de suporte a tomada de decisão para medição de desempenho usando a abordagem DEA e lógica *fuzzy*. Como pode ser observado na literatura, muitos modelos analíticos foram executados ao longo dos anos para o problema de avaliação de desempenho.

A principal medida de desempenho de um processo de transformação, como nas indústrias, é a produtividade, que é a relação entre o que sai do sistema e o que entra, ou seja, $\text{Produtividade} = \text{Saída} / \text{Entrada}$.

A medição de saída e entrada pode ser expressa em diferentes quantidades ou unidades. Por exemplo, se com 10 sacos de cimento uma fábrica produz 500 blocos de concreto, a produtividade será de $500/10 = 50$ blocos por saco.

Outra medida de desempenho, também amplamente utilizada, é a eficiência da produção, que indica quão bem o sistema está atingindo seus objetivos. Em termos matemáticos, a eficácia é: $\text{Eficiência} = \text{Produção} / \text{Objetivo}$.

Portanto, se uma fábrica produz regularmente 1.000 carros por semana e, em dado momento, produzir apenas 850, sua eficiência será de $850/1000 = 0,85$ ou 85%.

No caso da construção naval, o desempenho é medido de forma clássica pela relação CT (tonelagem bruta =HH/Ton) Hora-Homem (HH) e peso do aço processado em toneladas; ou CGT (tonelagem bruta compensada) que utiliza fator de correção que varia de acordo com a complexidade da embarcação, de acordo com (OECD, 2005).

Para embarcações mais complexas a análise de desempenho é um fator mais crítico, conforme pode ser observado em diagnóstico realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e *Offshore* (SINAVAL).

O desempenho e os indicadores de desempenho vêm sendo utilizados ao longo do tempo por pessoas, organizações e nações para medir e acompanhar a sua competitividade. Porém, em muitos casos, tais indicadores de desempenho são subutilizados, ou seja, por não serem trabalhados de forma sistêmica acabam por não fornecer uma visão integral das atividades (ZADEH, 1978).

Existe a necessidade de se desenvolver um modelo integrado e sistêmico para a determinação do desempenho nas organizações, para que essas, atuando nos respectivos setores, construam vantagens comparativas (KLIR e YUAN, 1995).

A medição de desempenho pode ser compreendida como a técnica usada para quantificar a eficiência e a eficácia das atividades de negócio. A eficiência vai tratar da relação entre utilização econômica dos recursos, levando em consideração um determinado nível de satisfação. Por sua vez, a eficácia avalia o resultado de um processo em que as expectativas dos diversos clientes são ou não atendidas (WAGGONER *et al.*, 1999).

Um conceito fundamental para as organizações nos dias atuais é a produtividade ou desempenho. Em virtude da rápida evolução de práticas sociais, econômicas e de processos administrativos, o cenário de continuamente fazer o melhor transformou-se em uma meta em qualquer negócio.

Atualmente existe uma forte influência para que as organizações tenham processos que tornem possíveis aos seus profissionais exercer suas funções da melhor forma e no menor tempo possível. Uma vez que isso não venha a acontecer, pode-se dizer que a organização peca pela capacidade de responder às demandas de stakeholders, como acionistas e clientes, ou seja, perde vantagem competitiva comparativamente aos seus concorrentes, subentendendo-se que estes também busquem e executem seus processos com menor tempo e da melhor maneira.

Quer dizer, o desempenho e a produtividade de uma organização não são mais vistos apenas como diferenciais, podem ser vistos também como subsistência, papel imperativo no universo do mercado capitalista.

Uma vez que a organização tenha processos estruturados, medir o desempenho de cada setor através de indicadores se torna viável e essencial dentro de um contexto competitivo. Os indicadores têm como propósito principal ajudar na tomada de decisão do gestor, pois este terá uma visão mais ampla e vital sobre todos os processos internos, bem como suas relações com processos externos. Sendo assim, torna-se possível detectar erros e pontos a serem otimizados.

Existem diversos tipos de indicadores, desde medir o desempenho industrial em uma organização de construção civil ou naval, objeto de estudo desta pesquisa, até indicadores de satisfação dos clientes, muito comum em organizações de serviços, por exemplo. Em suma, indicadores de desempenho são mecanismos para medir se os processos praticados pela organização são qualificados para alcançar o resultado esperado. Essa ferramenta tem por objetivo demonstrar se a organização está sendo competitiva, quais setores exigem aperfeiçoamento e otimizações, trazendo em consideração necessidades e expectativas de clientes e acionistas e operação da concorrência, bem como o impacto das medidas tomadas, com objetivo de manter-se competitivo com qualidade (PETKOVIC e SHINOHARA, 2015).

Contudo, apesar de evidente, não é o que acontece em muitas organizações. Várias decisões são tomadas com base em “*feeling*” ou “achismos”, se analisarem dados sobre os processos envolvidos. Isso decorre muito em virtude do pouco conhecimento de como medir aspectos subjetivos e percepções de qualidade, que mudam de especialista para especialista. Tal problemática é objeto de estudo desta pesquisa, trabalhar termos linguísticos é possível através da metodologia *fuzzy*.

Desta maneira, a profissionalização da tomada de decisão por indicadores de desempenho alinhados ao perfil e ambiente do negócio, incluindo não somente os quantitativos mas também os qualitativos, permite evitar erros e melhorar o desempenho em médio e longo prazos. No caso estudo desta pesquisa, apenas de forma resumida, uma organização de construção naval – um estaleiro – tem seu desempenho relacionado ao volume de produção, à tonelagem de aço processado de acordo com nível de complexidade, ao nível de subsídio fiscal e à de câmbio.

2.3 Medições de desempenho na perspectiva qualitativa

Para medir o desempenho interno de uma organização e outros fatores que influem na sua competitividade, o tomador de decisão deve executar um planejamento holístico. É fundamental ter conhecimento da maneira que os processos são estruturados, os critérios que já foram criados para otimizar os processos e seus objetivos de evolução em médio e longo prazos.

Dessa forma será possível analisar e comparar o que foi produzido em termos de desempenho e, conseqüentemente, chegar a receitas financeiras nos moldes dos recursos empregados para produzir determinada saída, resultado. Essa operação evidenciará quanto está sendo usado no objetivo de alcançar os resultados esperados.

Pode-se dizer que as medidas de desempenho são uma correlação entre dois artefatos de indicador distintos, um que quantifica os recursos empregados em determinado processo e outro que quantifica as saídas produzidas. Sobretudo, vale dizer também que por diversas vezes as saídas de um processo são as entradas de outros, é fundamental distinguir o que é entrada e saída de cada processo que vai ser medido.

Quando se trata de medir desempenho, os analistas demonstram o resultado de suas análises, via de regra, pela forma gráfica, seja com quadros ou tabelas geradas por estatísticas descritivas como, por exemplo, médias, desvio-padrão e medianas. Portanto, a estatística é um meio importante para a análise de desempenho que se encontra ao alcance dos que escolhem metodologias quantitativas e também para os qualitativos, engrandecendo o trabalho científico (MARTINS e DOMINGUES, 2011).

Contudo muitos softwares estatísticos disponíveis não norteiam o usuário na escolha da análise apropriada, logo não é incomum trabalhos científicos com erros nos testes estatísticos, indicadores formulados com pouca abrangência em bases comparativas, principalmente no que toca à determinação da variável, o atributo que é medido (MANN, 1970).

Essas variáveis podem ter valores crisp ou não, e podemos classificá-las como variáveis quantitativas ou variáveis qualitativas. As quantitativas são aquelas descritas por números, discretas (números inteiros) ou contínuas (podem assumir casas decimais). As qualitativas não possuem valores quantitativos, são determinadas por categorias classificadas por indivíduos, podendo ser nominais (não existe ordenação dentre as categorias, por exemplo, sexo) ou ordinais (existe ordenação, por exemplo, estágio de uma tecnologia - inicial, intermediário, avançado).

A pesquisa desta tese tem por objeto a análise qualitativa, com abordagem ordinal em relação à importância que o termo linguístico representa, segundo sistema especialista. Para que a análise da medição de desempenho seja mais confiável, a pesquisa prioriza a automatização do sistema especialista através da metodologia *fuzzy*, desde a coleta, centralização de termos linguísticos e automatização de saídas do sistema como desempenho medido, sendo possível para o tomador de decisão verificar tendências, identificar falhas e monitorar atributos. Apesar desta pesquisa aplicar a metodologia na indústria de construção naval, seus procedimentos podem ser aplicados em distintos setores.

Nos casos de questões de desempenho com incertezas, é comum se determinar pesos de importância para cada medida, ou grupo de indicadores, e utilizar abordagens, por exemplo, *Balanced Scorecard* – BSC e *Analytic Hierarchy Process* – AHP como modelos para avaliar o desempenho nesses casos.

Contudo, os conceitos citados anteriormente demonstram algumas limitações, como o julgamento subjetivo na avaliação de resultados de natureza subjetiva ou linguística. Some-se a isso a dificuldade de se gerar uma avaliação sistêmica da cadeia de produção que não deixe de observar as relações de causa e efeito entre os critérios de desempenho e os métricos, nos níveis e subníveis dos processos de produção que a compõem.

Com base no exposto, a lógica *fuzzy* é adequada para lidar com situações de incerteza e subjetividade, seria uma ótima alternativa para tratar as questões da avaliação de desempenho em cadeias de produção sob o ponto de vista de termos linguísticos, pois muitas medidas de natureza qualitativa e ambíguas podem ser descritas subjetivamente por meio de termos linguísticos (ZADEH, 1978), o que não é concretizado com a utilização das abordagens tradicionais de avaliação de desempenho. Destaca-se que, em função dessa constatação, observa-se, cada vez mais, a utilização da lógica *fuzzy* no gerenciamento de decisões (KLIR e YUAN, 1995).

2.4 Introdução à lógica *fuzzy*

As pessoas pensam de forma criativa, rápida, imprecisa e nebulosa; em contrapartida, máquinas e computadores são movidos pela lógica binária. Esse humanismo e forma de pensar motivam o método *fuzzy*, capaz de expressar o quão impreciso, vago e mal definido é algo de percepção humana, que varia entre as pessoas. Organizações que dependem de avaliar variáveis qualitativas ou termos linguísticos ou opiniões de pertencimento a duas categorias, simultaneamente em contextos diferentes, devem fazer uso da lógica *fuzzy*.

De acordo com Chamovitz e Cosenza (2015), o emprego da lógica difusa em sistemas complexos é previsto quando se trata de uma adaptação da referência de realidade. Esta alegação é pautada no princípio de incompatibilidade estabelecido por Zadeh (1978): "A completude de um sistema aumenta no passo que nossa capacidade de fazer com que as palavras e declarações exatas sobre este sistema sejam significativas até que um limite seja alcançado de precisão, tornando-se praticamente exclusivo".

De acordo com Jang e Gulley (1995) apud Chamovitz e Cosenza (2010) pode-se dizer que a escolha da lógica *fuzzy* em detrimento à lógica booleana é explicada por:

- Sua simplicidade, que facilita a compreensão de seus conceitos;
- Sua versatilidade;
- Aceitação de dados incompletos e imprecisos;
- Ser gerada fundamentada na experiência de especialistas;

- Trabalhar com termos linguísticos de diálogo humano.

Um dos problemas no tratamento de dados é a sua imprecisão. Zadeh (1984) observa que é frequente que um objeto do mundo real não seja precisamente definido como membro de apenas uma classe, pois possui características ambíguas pela OECD (2005).

Da mesma forma, Campos Filho (2009) elucida que a lógica *fuzzy* tem por objetivo fornecer um instrumento que contemple os aspectos imprecisos no raciocínio lógico dos seres humanos em situações ambíguas.

A utilização da lógica *fuzzy* vem minimizar alguns aspectos negativos dessa problemática. A primeira justificativa é a sua predisposição em se trabalhar dados de natureza incerta, imprecisa, subjetiva. Tal metodologia, proposta por Zadeh (1978), permite que um determinado ponto (x,y) , pertencente a um determinado universo de dados, possa ser “reclassificado” de modo diferente, se comparado com a clássica matemática “cartesiana”, que atribui uma lógica binária para caracterizar esse dado ponto.

Dessa forma, um conjunto de pontos $(x_i y_i)$ não seria mais classificado como pertencente ou não pertencente a um determinado conjunto, mas, sim, se esses pontos possuem um nível de pertinência “0,8” em relação ao conjunto (A, por exemplo) e “0,2” em relação ao conjunto (B, por exemplo), conforme Figura 1 abaixo:

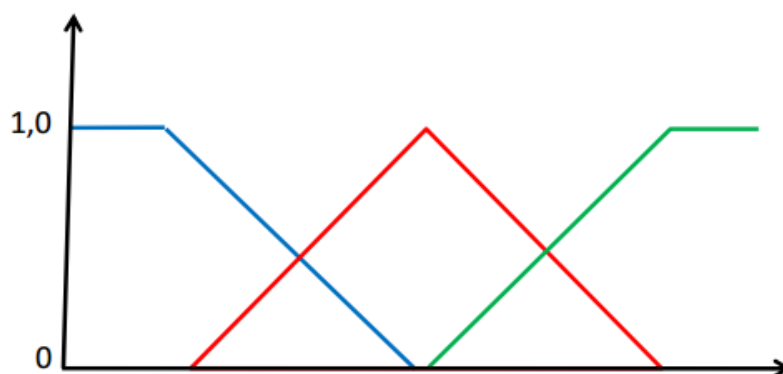


Figura 1: Representação de conjunto de pontos $(x_i y_i)$.

Considerando-se que um nível de pertinência máximo assume o valor “1,0”, pode-se dizer que o conjunto de pontos a ser classificado pertence tanto ao conjunto A quanto ao conjunto B, porém com diferentes níveis de pertinência. Dessa maneira, essa reclassificação por zona ou faixas (nebulosas) permite que variáveis consideradas

subjetivas possam ser mais bem caracterizadas. São os níveis de pertinência, conforme pode ser visto na Figura 2:

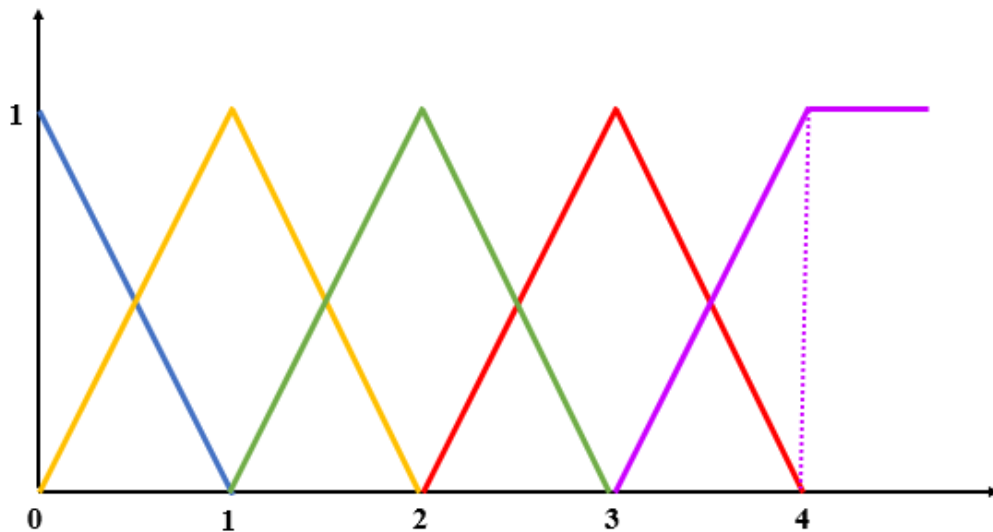


Figura 2: Representação gráfica de diferentes níveis de pertinência.

Na lógica *fuzzy* as variáveis consideradas subjetivas e/ou qualitativas também são representadas por meio de termos linguísticos. As variáveis, representadas linguisticamente, tornam mais fácil o processo de construção de regras de conhecimento que compõem a base lógica de um sistema de inferência *fuzzy*.

Elementos relacionam-se a conjuntos em determinado grau de pertencimento na lógica *fuzzy*, uma vez que a teoria disponibiliza recursos para um tratamento nebuloso, o mais próximo da realidade retratada.

2.5 Conjuntos *fuzzy*

O conceito dos conjuntos *fuzzy* é empregado para demonstrar padrões de pensamento incerto, o qual tem parte significativa no *know-how* humano de tomar decisões racionalmente em cenários imprecisos e sem certezas (ZADEH, 1984).

O mais importante objetivo do conceito dos conjuntos *fuzzy* é a vontade de produzir uma estrutura quantitativa formal que possibilite capturar as percepções do raciocínio humano, isto é, esse raciocínio é produzido em linguagem natural.

As sinapses humanas funcionam com ideias subjetivas, pode-se citar “pouco”, “muito”, “alto” e “baixo”, integrados em classes de objetos no conceito dos conjuntos *fuzzy*, onde a pertinência ou não de um elemento se faz por meio gradual (ZADEH, 1984).

Neste conceito encontra-se um grau de pertinência de cada elemento a um específico conjunto. Não há um limite exato para determinar quando um elemento pertence ou não ao conjunto.

A função específica é capaz de universalizar de forma que os valores atribuídos aos elementos do conjunto universo X pertençam ao intervalo de números reais de 0 a 1, isto é, $[0,1]$:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$$

Tais valores apontam o grau de pertinência dos elementos do conjunto X no tocante ao conjunto A , quanto é capaz para um elemento x de X pertencer ao conjunto A . Esta função tem o nome de função de pertinência e o conjunto A é determinado como conjunto *fuzzy*.

Um conjunto *fuzzy* pode ser representado por um conjunto de pares ordenados, em que o primeiro elemento é $x \in X$, e o segundo, $\mu_A(x)$, é o grau de pertinência ou função de pertinência de x em A , que mapeia X para o espaço de pertinência M . Quando M contém apenas os pontos 0 e 1, A é não *fuzzy*. Desta forma, temos:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

Outra forma de representar um conjunto *fuzzy* é dispor os pares ordenados de elementos x (valores discretos) e seus graus de pertinência separados por barras (/).

$$A = \mu_A(x_1) / x_1 + \mu_A(x_2) / x_2 + \mu_A(x_3) / x_3 + \dots + \mu_A(x_n) / x_n$$

Quando o universo X é um conjunto finito, podemos representar um conjunto *fuzzy* A em X como:

$A = \sum \mu_A(x_i) / x_i$, por outro lado, se o universo X é um conjunto infinito, $= \int_X \mu_A(x) / dx$

Um conjunto *fuzzy* A é chamado normal se existe x tal que $\mu_A(x) = 1$, ou seja, quando $\sup \mu_A(x) = 1$. Se o conjunto *fuzzy* A não é normal, então ele é chamado de subnormal, ou seja, $\sup \mu_A(x) < 1$. A normalização de um conjunto *fuzzy* A , não vazio, é realizada pela Equação 2.1:

$$\mu_{A'}(x) = \frac{\mu_A(x)}{\sup \mu_A(x)} \quad (2.1)$$

Esta tese normalizou os conjuntos *fuzzy* com base no trabalho com indicadores preditivos de Grecco (2012), bem como adaptou método de Hsu e Chen (1996), utilizado também por ele. Faz-se fundamental manipular conjuntos *fuzzy* normalizados, que apresentem altura unitária, para podermos tratar grandezas homogêneas nos procedimentos de inferência *fuzzy*.

Dado um conjunto *fuzzy* A , definido em X , a partir do grau de pertinência $\alpha \in [0,1]$, o conjunto de corte- α (α -cut) é o conjunto clássico A_α , contendo todos os elementos de X , que possuem graus de pertinência em A , maiores ou iguais do que o valor de α . Desta forma, temos:

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

O conjunto de corte α robusto (strong α -cut), $A_{\alpha+}$, inclui apenas os elementos com graus de pertinência maiores que α . Então, temos:

$$A_{\alpha+} = \{x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha\}$$

Em suma, as principais operações entre conjuntos *fuzzy* são determinadas como extensão das operações tradicionais, onde A e B denotam conjuntos *fuzzy* sobre um conjunto universo X e $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$ representam os graus de pertinência de x nos conjuntos *fuzzy* A e B , respectivamente.

Na lógica *fuzzy* os operadores para a interseção e a união de conjuntos *fuzzy* são os mais utilizados, representados na Figura 3:

a) Interseção: $A \frown B = \mu_A(x) \frown \mu_B(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)]$, que corresponde a $E \cap B$;

b) União: $A \dot{\cup} B = \mu_A(x) \dot{\cup} \mu_B(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$, que corresponde A OU B.

Essas operações de interseção e união são as mais recorrentes no processo de agregação em tomadas de decisão multicritério. O objetivo principal do processo de agregação é obter um grau de conformidade entre dados disponíveis, calculando-se um valor final. Se estes dados forem extraídos de especialistas, obtém-se uma taxa de aceitação ou rejeição entre eles, isto é, o grau pelo qual especialistas concordam em suas estimativas, tornando possível a elaboração de classificações das avaliações realizadas. O grau de pertinência do sistema *fuzzy* especialista (ZIMMERMANN, 2000).

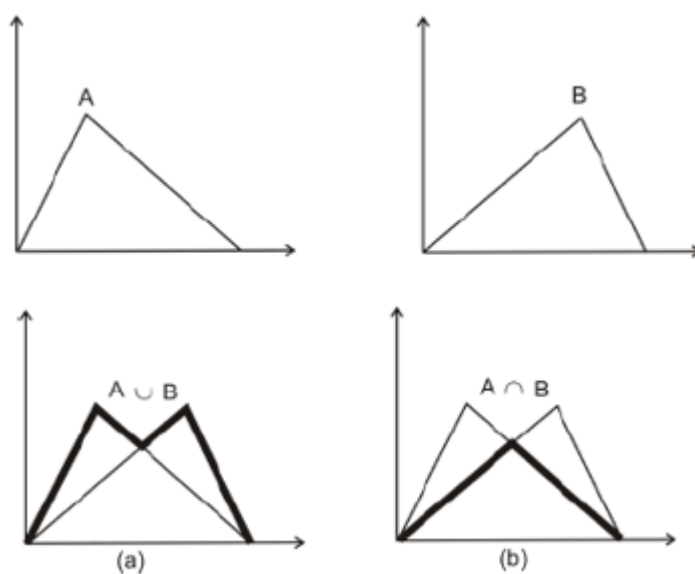


Figura 3: Operações entre conjuntos *fuzzy*: (a) união; (b) interseção.

2.6 Números *fuzzy*

Quando se trata de avaliação de resultados, as informações dos especialistas são normalmente imprecisas e ambíguas. Muitas informações imprecisas podem ser modeladas por números *fuzzy* (HSU e CHEN, 1996).

Um número *fuzzy* é um subconjunto especial de números reais (\mathbb{R}). Sua função de pertinência μ_B é um mapeamento contínuo de \mathbb{R} intervalo fechado $[0, 1]$. Números *fuzzy* triangulares têm função de pertinência linear contínua (LIANG e WANG, 1991).

Um número *fuzzy* triangular A em \mathbb{R} possui a seguinte função de pertinência:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{se } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A representação gráfica do número *fuzzy* triangular é mostrada na Figura 4:

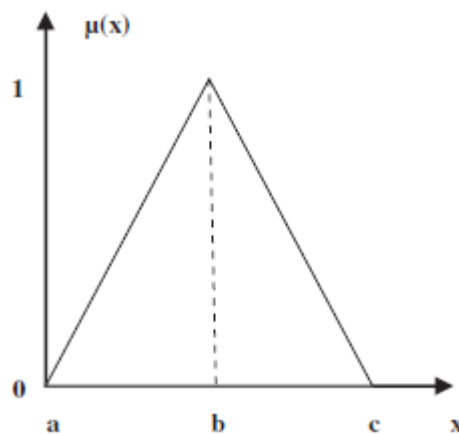


Figura 4: Representação gráfica dos números *fuzzy* triangular.

Números *fuzzy* triangulares, conforme expressos pela função de pertinência anterior, podem ser denotados por (a, b, c) . Os números *fuzzy* triangulares são fáceis de manipular e interpretar. Por exemplo, “aproximadamente igual a 5” pode ser representado por $(4, 5, 6)$ e “5 exato” pode ser representado por $(5, 5, 5)$.

2.7 Variáveis linguísticas

O conceito de variável linguística é válido para lidar com problemas complexos, cujas características são difíceis de descrever em expressões quantitativas convencionais (ZADEH, 1978). Uma variável linguística é, teoricamente, uma variável cujos valores

são palavras ou sentenças em linguagem natural ou artificial. Normalmente o caminho destas palavras ou sentenças é o de serem expressas em valores absolutos.

Um exemplo clássico citado na literatura de lógica *fuzzy* seria a altura de um ser humano, que pode ser uma variável linguística que assumirá termos linguísticos, como “baixa”, “média” e “alta”. Termos linguísticos esses que podem ser descritos por meio de conjuntos *fuzzy*, representados por funções de pertinência, conforme mostrado na Figura 5:

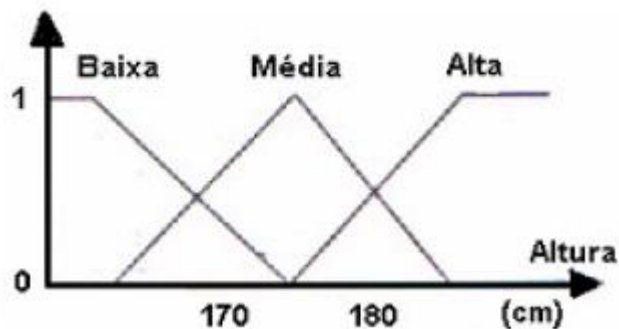


Figura 5: Funções de pertinência dos termos linguísticos para a variável “altura”.

Segundo a literatura de lógica *fuzzy*, as variáveis linguísticas podem ser expressas em uma linguagem específica, construída a partir de termos linguísticos (baixo, médio, alto), de conectivos lógicos (e, ou, não-negação) e de modificadores (muito, pouco, levemente).

A tarefa de conversão da variável linguística é entregar uma forma sistemática de caracterizar eventos complexos, imprecisos e mal definidos. O uso da linguagem humana, em vez de variáveis padronizadas, torna possível analisar o tratamento de sistemas complexos com condições matemáticas tradicionais.

2.8 Raciocínio *fuzzy*

O sistema especialista *fuzzy* de inferência trabalha com informações ambíguas e imprecisas. No entanto, ao trabalhar com dados de entrada de sistemas computacionais, esses dados, normalmente, são numericamente identificáveis para o sistema como valores

numéricos. Como sistemas *fuzzy* funcionam com termos linguísticos, os dados devem ser convertidos em um conjunto *fuzzy*. Desta forma, atribuições de números *fuzzy* em dados de entrada são feitas. Este é o processo de fuzzificação.

Depois de fuzzificar as variáveis de entrada, as regras *fuzzy* (SE <regra-antecedente expressão *fuzzy*> THEN <resultado-expressão *fuzzy*>) são avaliadas e o grau de pertinência de cada proposta é calculado. Para cada proposta uma função é usada para criar um número de 0 a 1, que reflete o grau de satisfação com a regra. As funções normalmente usadas para avaliar a validade são a função de máximo para o operador OU e a função de mínimo para o operador E.

Normalmente, há mais de uma regra aplicável quando estimativas *fuzzy* usam variáveis de entrada do sistema e verificam as regras aplicáveis. No entanto, uma única resposta deve ser feita para cada variável de saída. Os resultados são combinados usando a função de máximo, que se relaciona à união dos conjuntos *fuzzy*.

Com a defuzzificação o valor da transformação da linguagem de saída é convertido em um valor discreto (crisp) por regras *fuzzy*. O objetivo é obter um número que mostre os valores *fuzzy* das variáveis de saída. A Figura 6 demonstra as etapas do raciocínio *fuzzy*.

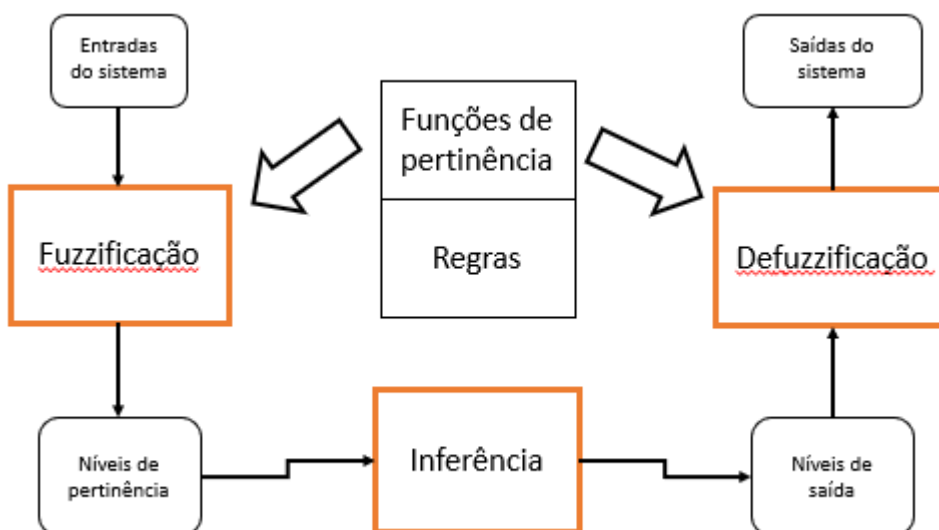


Figura 6: Etapas do raciocínio *fuzzy*.

Para selecionar o método de defuzzificação correto, é possível usar a abordagem baseada no centróide ou nos valores máximos que podem ser usados pela função de pertinência resultante. Métodos de defuzzificação são:

- Valor máximo: este método serve como um membro da função pertinência, um alto grau de relevância como referência de variável linguística, que fornece o grau de pertinência do ponto de saída como valor numérico,

- Média dos máximos: este método fornece um valor numérico de saída relativo à média aritmética dos máximos, expostos na abscissa da função de pertinência, da variável linguística de saída produzida pela inferência *fuzzy*,

- Centro dos máximos: este método fornece o respectivo valor de saída correspondente à média ponderada entre os valores máximos, expostos na abscissa da função de pertinência, da variável linguística de saída produzida pela inferência *fuzzy* com os pesos, representados pelos respectivos valores de pertinência;

- Centro de Área, Gravidade e Centróide: O valor numérico de saída combina o valor da abscissa que divide pela metade a área da função de pertinência gerada pela combinação das partes consequente das regras. Este método é o mais utilizado, também foi utilizado nesta pesquisa e pode ser expresso (Equação 2.2) abaixo (YAGER, 2000):

$$\text{Saída} = \frac{\sum x(i) \cdot A(i)}{\sum A(i)}, \text{ para o conjunto clássico } A = \{ A(i) \mid x(i) \} \quad (2.2)$$

2.9 Métodos *fuzzy* de decisão

É necessário incluir uma combinação de identificação, mensuração, critérios e alternativas em um processo de decisão ou modelo *fuzzy*, no qual a modelagem e a avaliação conceitual da tomada de decisões em ambientes nebulosos são promovidas.

Tem sido demonstrado que a qualidade ou relevância de um método *fuzzy* pode ser identificada em três fases (PEDRYCZ, 1990):

- 1) Aquisição e determinação de dados requeridos pelo método.

2) Estimacão de parâmetros.

3) Validao do método *fuzzy*.

Alguns estudos, como Grecco *et al.* (2009) descrevem a importância da escolha e da opinião especializada, porque a confiabilidade e a qualidade dos resultados são reflexos da qualidade dos especialistas. Segundo Ayyub e Klir (2006), um especialista  uma pessoa que possui uma experiência única em relao ao item específico do processo ou ao assunto de interesse.

Muitos métodos de decisão *fuzzy* foram encontrados com uso da opinião de especialistas em materiais de pesquisa dos autores: Cosenza et al. (1981), Lee (1996), Hsu e Chen (1996), Yager, (2000), Liang e Wang (2001) e Martins (2008). Em comum, métodos de tomada de decisão que usam a teoria dos conjuntos *fuzzy* para encontrar as melhores alternativas de acordo com os critérios definidos para as tomadas de decisões.

Hsu e Chen (1996) apresentaram uma metodologia combinando as vulnerabilidades individuais do grupo com opiniões nebulosas e apresentaram processo de integrar o conceito de um número *fuzzy* com base na opinião de especialistas.

Nesta combinao de igualdade, $\alpha \in (0, 1)$, onde eles são considerados uma interseo comum no nível de corte de um nível, os números *fuzzy* trapezoidais são relatados de acordo com os especialistas. Esta  uma condio imposta por esse método, para que a agregao dos resultados das opiniões dos especialistas seja aceitável.

Se não houver diferenças entre as estimativas iniciais do k-ésimo e do l-ésimo, o método Delphi pode ser usado. O método Delphi  útil para obter informaes suficientes que se ajustem aos dados fornecidos por cada especialista, para que haja tais intersees (SAATY, 1980).

Então, de acordo com os estudiosos do assunto, o trabalho de medio  iniciado para medir o grau de concordância entre as opiniões dos especialistas e essa informao  armazenada na matriz de concordância. Finalmente, as opiniões dos especialistas são combinadas e os interesses de cada participante no processo de avaliao também podem ser considerados no processo de avaliao.

Esta pesquisa utilizou o método Hsu e Chen (1996) em conjunto com a tese Grecco (2012) porque  adequado ao método proposto para estabelecer um modelo de

avaliação de tecnologia e localização industrial de estaleiros, sendo possível mensurar e avaliar o desempenho da indústria naval sob o ponto de vista das variáveis qualitativas fruto da opinião de especialistas atuantes na área, através do processo de agregação, igualdade e concordância de opinião. Além disso, o modelo de Hsu e Chen (1996) já foi utilizado de forma satisfatória e eficiente na maioria das áreas de conhecimento, dentre as quais, podemos destacar:

1) Um modelo *fuzzy* para avaliação da qualidade de software proposto por Belchior (1997).

2) Uma metodologia de posicionamento dos elementos do canteiro de obras utilizando a teoria de sistema nebuloso proposta por Wakamatsu e Cheng (2001).

3) Um método de avaliação da confiabilidade humana nos ensaios não destrutivos por ultrassom proposto por Moré (2004).

4) Um modelo *fuzzy* para padrão de resiliência organizacional no ramo de engenharia nuclear da área de segurança e resiliência organizacional proposto por Grecco (2012).

3. ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO NAVAL

Este capítulo tem por objetivo apresentar a linha de evolução histórica da construção naval no Brasil. Em sequencia apresentar a divisão e organização da produção em construção naval e como é medido, em geral, o desempenho naval. Apresentando os indicadores de desempenho mais comuns. Por fim, os aspectos tecnologia e localização industrial no contexto de construção naval é contextualizado e justificado na sua utilização como objeto de estudo deste trabalho.

3.1 Histórico da construção naval no Brasil

As organizações são compostas por objetivos explícitos, criados de forma consciente. A troca entre diferentes organizações é vista como fundamental para um bom processo de aprendizagem, pilar para surgimento e evolução de inovações. Processos esses que envolvem troca de conhecimentos e colaboração mútua, nem sempre vistas em transações comerciais (GRECCO *et al.*, 2012b).

Segundo Telles (2004), o Brasil, desde seu descobrimento, foi rota de navios em transações comerciais, tendo origem no início do século XVI a indústria brasileira de construção naval, porém apenas após o Barão de Mauá estabelecer a Fundação e Estaleiros da Ponta d'Areia, no Estado do Rio de Janeiro, a construção naval passa a ser vista como organização formal de fato. A partir daí a construção naval brasileira começa a receber incentivos adequados ao seu desenvolvimento e começa, de fato, a se desenvolver.

No século XX a concretização se daria em nível federal, pela proposta de industrialização brasileira contida no Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), que previa um crescimento econômico por meio de incentivos direcionados a impulsionar o setor industrial (LEITE, 2003).

O Plano de Metas, segundo Lacerda (2003), partia do ponto do envolvimento do setor público no estímulo direto e indireto através de investimentos em infraestrutura e na

indústria de bens de capital, com objetivo de formação da base industrial brasileira e da substituição nas importações. O que se viu na época foi um resultado positivo e, já na década de 1970, o Brasil estava posicionado entre os maiores construtores navais do mundo, uma indústria que, então, empregava diretamente cerca de 40.000 trabalhadores, conforme figura abaixo.

Contudo, após notável avanço, conforme pode ser observado na Figura 7, entre o início da década de 1980 e o final da década de 1990 a indústria brasileira de construção naval teve de lidar com uma queda acentuada dos níveis de produção que, segundo revisão bibliográfica, conecta-se com diversos fatores, tais como a crise do petróleo, em nível mundial; concessão descontrolada de subsídios por um longo período de tempo (cerca de 20 anos), sem vincular a um aumento de desempenho, por exemplo, o que poderia gerar aumento de competitividade da indústria; dependência de encomendas do setor estatal (Petrobras e Companhia Vale do Rio Doce – estatal à época) e o longo período de inflação elevada e instabilidade econômica no país, o que refletiu diretamente na indústria de bens de capital sob encomenda, como é o caso da indústria naval, que demanda ao menos dois anos por obra e se relaciona com muitos fornecedores (FAVARIN, 2008).

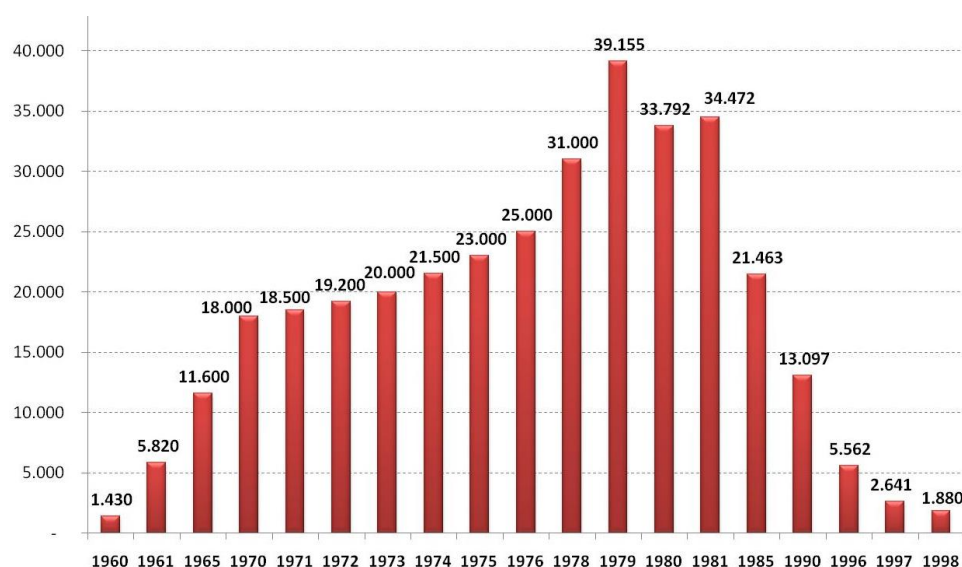


Figura 7: Mão de obra diretamente empregada na indústria de construção naval entre 1960 e 1998 (adaptado de PASIN, 2002).

A Lei 9.478 de 06/08/1997, conhecida como a Lei do Petróleo, deu início à revitalização da indústria de construção naval no Brasil. A lei tornou mais fácil a

exploração e o refino do hidrocarboneto a novos agentes, o que permitiu o aumento da exploração *offshore*. Simultaneamente a esse aumento ocorreu o desenvolvimento de novas tecnologias de exploração de lâminas d'água ultra profundas pela Petrobras, que conseqüentemente encomendou novas embarcações e contratou serviços de apoio marítimo, ou seja, encomendas aos estaleiros nacionais (PASIN, 2002).

Mais adiante o Programa de Modernização e Expansão da Frota (PROEMF) da Transpetro, empresa de logística e transportes da Petrobras, iniciou em 2005 com data de término para 2012 e disponibilizava o montante de US\$ 50 bilhões para compras, todas no Brasil, de 42 navios de grande porte, 07 aliviadores, 146 embarcações de apoio *offshore* e 40 navios sonda (PASSOS, 2007). Segundo literatura, as encomendas da Transpetro requeriam 65% de nacionalização dos materiais empregados no processo produtivo naval, o que gerou uma busca por competitividade internacional dos fornecedores, aumentando seu poder de exportação (JUNQUEIRA, 2007).

Pode-se dizer que tais fatos resultaram na modernização do setor, uma maior competitividade frente ao mercado internacional, geração de milhares de empregos diretos e indiretos, principalmente um mercado que teria melhor performance graças aos investimentos em tecnologia na sua cadeia produtiva. Após a descoberta do pré-sal e sua consolidação de exploração, a indústria naval brasileira chegou a empregar 84 mil pessoas em 42 estaleiros no ano de 2014.

Paralelamente a esses acontecimentos, pôde-se observar também a reativação da indústria de reparação naval. Junto à indústria de construção naval, seu aumento de produção reflete em outras áreas, tais como indústrias metalúrgicas, siderúrgicas e de navipeças, que também gerou melhoras gradativas dos níveis de emprego do setor. É fundamental observar que o nível de empregos gerados nesta última década de retomada de incentivos foi superior ao período áureo da indústria de construção naval brasileira, após JK, conforme pode-se observar na Figura 8:

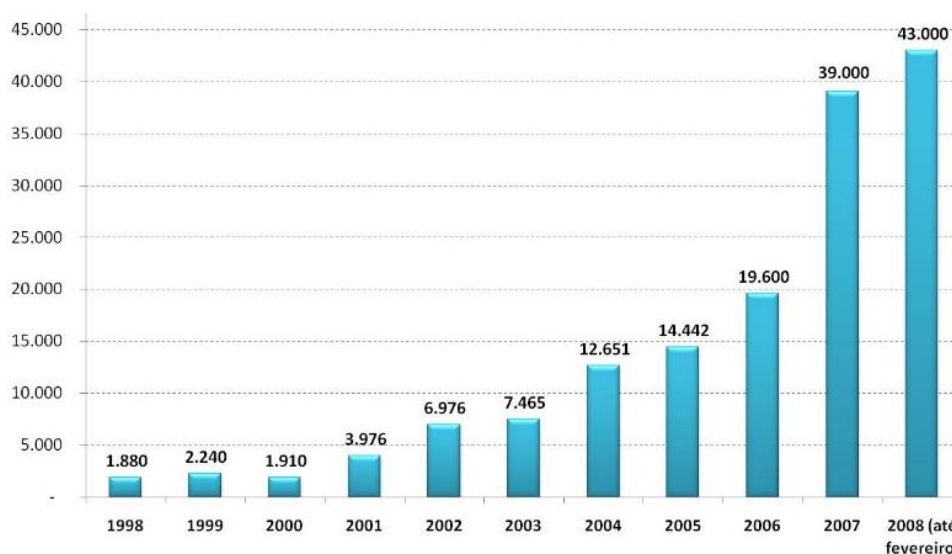


Figura 8: Mão de obra diretamente empregada na indústria de construção naval entre 1998 e 2008 (adaptado de SINAVAL, 2007 e 2009).

Ainda assim, mesmo com todos os incentivos citados pelo Governo e pelas organizações para alavancar o crescimento da indústria naval, pode-se observar na literatura a crítica de lacunas importantes, como a integração sistêmica dos agentes e esforços orientados a inovação, tecnologia e competitividade (desempenho) industrial.

Em se tratando dos dias atuais em que esta pesquisa é escrita, ano de 2019, pode-se dizer que não existem garantias para seu futuro. Os empregos de 2014 vem caindo gradativamente, principalmente devido à dependência de encomendas da Transpetro, que após denúncia de corrupção reduziu muito suas encomendas. Dos 42 estaleiros de 2014, apenas 23 estaleiros existem em 2019, sendo que destes apenas 8 estão em operação, um total de 23 mil empregos atuais. Atualmente os empresários do setor anseiam por redução de carga tributária e desoneração do aço para que possam se tornar competitivos em níveis internacionais de desempenho e conquistar novas encomendas que movimentem o setor (FOLHA DE PERNAMBUCO, 2018).

3.2 Organização da produção

O processo de retomada da indústria de construção naval e o preenchimento das lacunas do setor, desafio a ser vencido, são determinantes para o alcance de

competitividade internacional. É fundamental que esta indústria seja estudada por metodologia capaz de diagnosticar o efeito sistêmico causado pelas ações dos múltiplos agentes, visando à sustentabilidade do desenvolvimento do setor e determinando vantagem competitiva nos dias atuais.

O processo produtivo de um navio é extremamente complicado, formado por muitos processos e subprocessos, informações, materiais e atividades interdependentes que necessitam estar em sintonia para assegurar níveis altos de desempenho/produzividade. Na figura abaixo temos um fluxo comum de produção em um estaleiro.

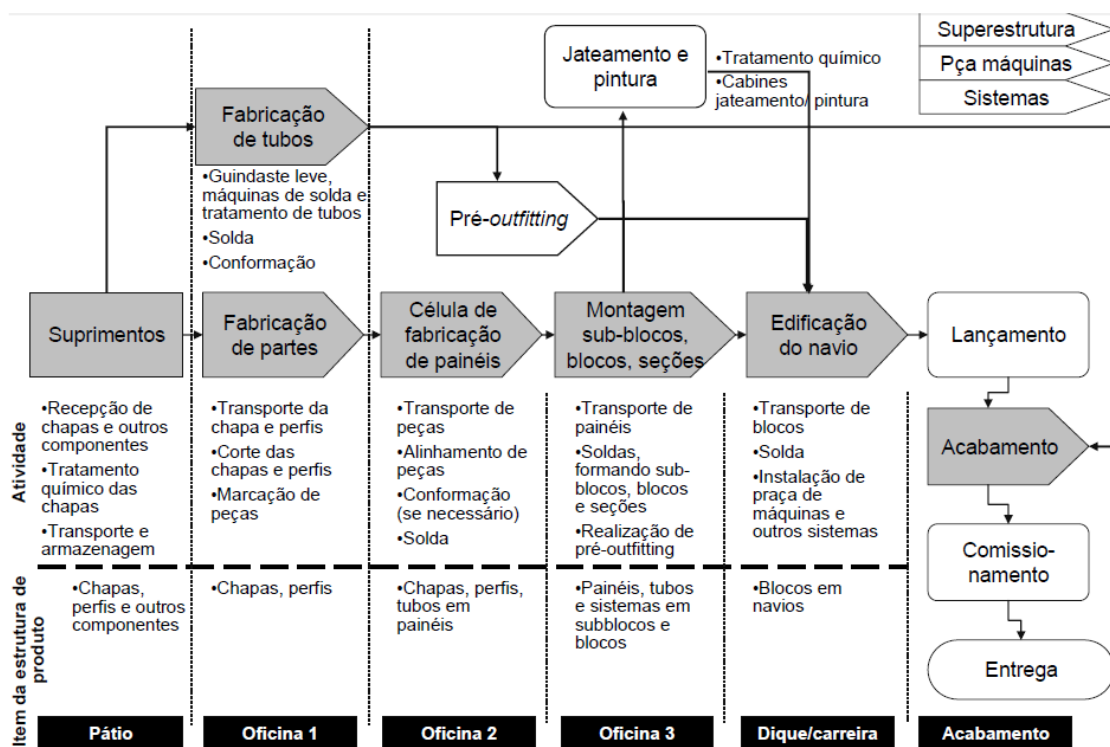


Figura 9: Fluxo de produção em um estaleiro de Construção Naval (adaptado de Pinto, 2007).

A padronização e sincronização das fases do processo de construção de um navio garante um fluxo de trabalho otimizado, o que encurta o tempo de montagem na carreira ou dique. Um exemplo de um processo geral do processo de projeto otimizado é mostrado na Figura 9 acima.

Para exemplificar os subprocessos, a Figura 10 demonstra o processo almoxarifado e os subprocessos em tarefas e subtarefas de forma a entregar o suprimento de todo o estaleiro no tempo certo, sem gargalos.

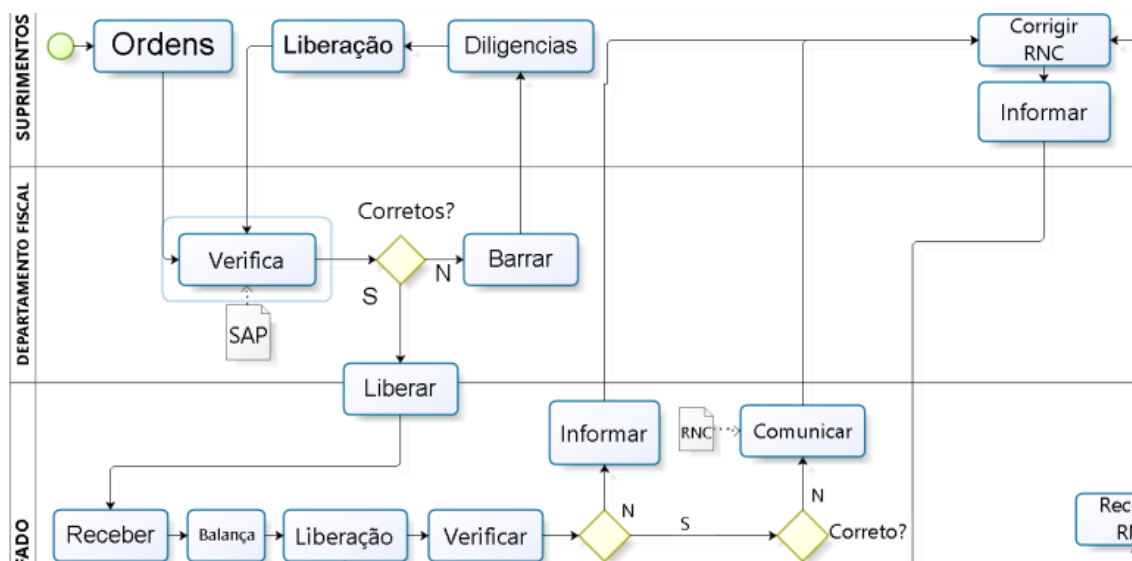


Figura 10: Mapeamento parcial de processo de Almoxarifado de Estaleiro (adaptado de FUSP, 2015).

Essas interconexões que compõem o processo produzem, como dificuldade a ser vencida, a integração entre as diversas áreas. A comunicação entre o planejamento e a execução é fundamental. Para evitar desperdícios e melhorar o desempenho é importante saber quais os fatores que mais impactam no desempenho, desde o planejamento de um novo projeto, uma nova encomenda ou a instalação de uma unidade industrial naval de produção. A perfeita compreensão desses fatores críticos de sucesso, desde o planejamento, contribui para a elevação do desempenho, com a qual, após planejamento correto, torna-se possível definir os melhores indicadores que auxiliarão na melhoria da gestão.

3.3 Desempenho naval

No caso da construção naval, a produtividade ou desempenho é medida de forma clássica pela relação CT (tonelagem bruta =HH/Ton) Hora-Homem (HH) e peso do aço

processado em toneladas; ou CGT (tonelagem bruta compensada), que utiliza fator de correção que varia de acordo com a complexidade da embarcação, de acordo com OECD (2005).

Para embarcações mais complexas a análise de produtividade é um fator mais crítico, conforme pode ser observado em diagnóstico realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore por SINAVAL (2014), na Figura 11 abaixo:

Segmento	Situação	Características	Condições de produtividade
Rebocadores portuários	Setor tradicional cuja produção não foi interrompida.	Alto índice de conteúdo local com rede de fornecedores definida.	Bons índices de produtividade que podem ser aprimorados.
Navios de apoio marítimo	Navios com nova tecnologia a partir de 2000.	Segmento em consolidação, com rede de fornecedores definida.	Produtividade precisa ser aprimorada.
Petroleiros e navios de produtos	Construção interrompida durante 20 anos e retomada em 2005.	Segmento em consolidação com rede de fornecedores em expansão.	Produtividade precisa ser ampliada.
Navios porta contêineres	Construção interrompida durante 15 anos.	Poucas encomendas. Se beneficia da rede de fornecedores dos demais segmentos.	Produtividade precisa ser ampliada.
Plataformas de produção de petróleo	Construção com nova tecnologia iniciada em 2005.	Demanda em expansão. Rede de fornecedores em expansão.	Produtividade precisa ser ampliada na construção de cascos.
Sondas de perfuração	Novo segmento com operação iniciada em 2013.	Programa de construção de 29 sondas em andamento.	Ainda não há parâmetros para medição de produtividade.
Comboios fluviais	Segmento tradicional manteve produção.	Rede de fornecedores definida.	Produtividade deve ser ampliada para intensa demanda em nova fase.
Militar	Programa de construção de Navios Patrulha e Submarinos.	Rede de fornecedores em ampliação.	Produtividade em ampliação.

Figura 11: Condições de produtividade de segmentos navais (adaptado SINAVAL, 2014).

O desempenho baixo e os preços maiores diante do cenário internacional chamam atenção para a realidade da construção naval brasileira. Para o Brasil crescer nessa indústria é necessário medir o desempenho atual e, a partir daí, identificar problemas e propor soluções melhorando a competitividade internacional (OECD, 2005).

O desempenho do estaleiro, segundo a literatura, se dá pela relação entre o volume de produção entregue e as necessidades de insumos para o cumprimento deste fim, ou seja, $\text{Produtividade} = \text{Produção} / \text{Insumos}$.

Em relação aos subprocessos, podem ser criados indicadores parciais de desempenho, relacionando o volume produzido por cada área ao consumo do insumo considerado crítico. Mais uma vez o indicador mais comum é volume produzido com o número de homens-hora envolvidos para determinada produção.

3.4 Indicadores de desempenho

A literatura sugere que, uma vez definido o conceito de desempenho ou produtividade de estaleiros, se avance para indicadores chaves de desempenhos (KPIs – Key Performance Indicators) mais adequados para serem acompanhados nas diversas etapas de construção do navio.

A seguir demonstra-se os padrões para aferir a produção segundo a Associação Empresarial de Portugal (2016). A quantidade de aço processado nesta indústria é alta, é de se esperar que indicadores que reflitam o volume de aço processado adquiram impacto nos critérios de escolha de fatores que influenciam no desempenho global. Bem como pelo alto valor de seus insumos, o tempo é mais um fator-chave.

Na etapa de fabricação, composta pelo recebimento de chapas e pelo seu corte e conformação para produção das peças, o indicador KPI adotado é tonelada de aço processado pela unidade de tempo, aferida como quantidade de homens hora, Equação 3.1.

$$Pf = \text{ton/t} \quad (3.1)$$

No qual:

- Pf = produtividade da fabricação
- ton = peso de aço processado;
- t = tempo para processamento.

Por meio do apontamento do tempo de processamento, podemos analisar custo com pessoal ou custo do capital imobilizado, e sua relação com o custo do consumo dos insumos, como energia, por exemplo.

Essa mesma unidade de tonelada de aço processado pela unidade de tempo é utilizada nas etapas de construção naval de montagem, pré-edificação e edificação. Contudo este indicador não reflete a complexidade da estrutura naval que está sendo construída. Embarcações com estruturas mais complexas vão exigir mais tempo de fabricação. Dito isto, um indicador de desempenho muito usado nas fases de montagem dos blocos, pré-edificação e edificação é comprimento de cordão de solda por unidade de tempo, Equação 3.2.

$$Pm = Wl/t \quad (3.2)$$

No qual:

- Pm = produtividade da montagem de blocos;
- Wl = comprimento de solda do bloco;
- T = tempo de montagem do bloco.

Na fase de pintura dos blocos, a área pintada é o mais importante, Equação 3.3:

$$Ppb = Sbl/t \quad (3.3)$$

No qual:

- Ppb = produtividade da pintura do bloco;
- Sbl = superfície do bloco;
- t – tempo de pintura do bloco.

No caso dos acessórios: escadas, corrimãos, suportes de tubulação, dutos, o desempenho é avaliado em dois momentos: Fabricação e Montagem. Em ambos os casos um bom indicador-chave é o peso de fabricação ou montagem pelo tempo necessário, Equação 3.4.

$$Pfa = tonfa/tfa \quad (3.4)$$

No qual:

- Pfa = Produtividade de fabricação de acessórios;
- tonfa= Peso dos acessórios fabricados;
- tfa = tempo de fabricação dos acessórios

Cabeamento elétrico e de instrumentação e controle, tem seu indicador-chave medido por metro linear montado, Equação 3.5:

$$Pc = Cc/tc \quad (3.5)$$

No qual:

- Pc = produtividade de montagem de cabos;
- Cc = Comprimento dos cabos montados e
- tc = tempo de montagem de cabos.

Assim, coerentemente com o conceito maior do desempenho global das instalações, o desempenho pode e deve ser avaliado com relação aos processos considerados críticos para o desempenho global, de forma que possa haver uma atuação direcionada para a melhoria. Pode-se dizer que a unidade industrial naval (estaleiro) mais eficiente será a que tiver melhores índices de desempenho, tempo de produção e qualidade, com necessidades de menor utilização de capacidade física e nível tecnológico, e em condições de ambientes e localização menos favoráveis. A capacidade física é medida de forma clássica pelo nível de processamento de aço e de forma matemática pelos números crisp de recursos de entrada e saída. Já a tecnologia e a localização são dadas por termos linguísticos.

Neste sentido, um dos processos considerados críticos para a melhoria do desempenho em um estaleiro de construção naval é o processo de soldagem. Por esta razão os itens seguintes serão dedicados à definição de indicadores-chave de desempenho que auxiliem na gestão deste processo.

A qualidade da mão de obra e a tecnologia dos estaleiros afetam a qualidade do produto, principalmente no caso dos estaleiros de menor porte. Dessa forma, a necessidade de supervisão e de acompanhamento da obra é consideravelmente maior do que em outros centros, implicando em custos adicionais para o armador.

Nesta pesquisa a qualidade, as variáveis qualitativas e o seu respectivo desempenho qualitativo serão vistos de forma mais abrangente que apenas segundo a percepção clássica de qualidade do produto. Nível de tecnologia, qualidade da mão de obra e disponibilidade de condicionantes de produção ligados diretamente a região, localização ou ambiente industrial são fatores de cunho linguístico de percepções humanas que influenciam diretamente a vantagem competitiva na indústria naval. Como já abordado ao longo da pesquisa, o desempenho do tempo de produção ou o custo podem ser trabalhados por meio de métodos matemáticos de avaliação de desempenho, levando-se em conta o nível de recursos empregados ou disponíveis. Por outro lado, a avaliação da percepção de qualidade (do ponto-de-vista da capacidade tecnológica), de sua flexibilidade de adaptação para atender requisitos e a confiabilidade da mão de obra de acordo com sua disponibilidade em cada ambiente é feita pelos especialistas. Porém observa-se pouca prática, em virtude da carência de literatura sobre o assunto. Desta forma, o principal objetivo desta pesquisa é, utilizando a lógica *fuzzy*, mensurar o desempenho qualitativo.

3.5 Tecnologia em construção naval

Muitos problemas atuais e futuros são desafiadores e podem ser identificados para validar a demanda contínua por inovação em processos e tecnologia. Isto inclui novas rotas de transporte, operação econômica de navios e plantas *offshore*, transporte sustentável, responsabilidade global por acidentes, exploração de recursos em ambientes

extremos, produção de energia renovável *offshore* e áreas de lazer em embarcações. A inovação precisa ser encontrada para novos produtos, serviços, tecnologias de processo, logística etc. O mundo acelerou a velocidade de desenvolvimento. Com exceção de alguns tipos especiais de navios, a Europa perdeu todo o mercado de construção naval para a Ásia. Hoje existe apenas um estaleiro na Europa que pode processar aço em quantidades superiores a 100.000 t de forma competitiva. O mercado de navios siderúrgicos intensivos foi transferido para a Ásia, onde existem 15 estaleiros que podem processar 1.000.000 t de aço por ano (ou até muito mais, por exemplo, HHI 4 mt / a) e são adequados para produzir grandes graneleiros, petroleiros, navios porta-contêineres e outros navios de aço intensivo, incluindo navios de perfuração e produção *offshore*. A Europa ainda tem uma posição de liderança para navios de cruzeiro, mega iates, navios de pesquisa, navios RoRo especiais, balsas avançadas e uma seleção de outras embarcações sem carga e pequenas embarcações. Todos juntos, um pequeno volume em termos de CGT (tonelagem bruta compensada), mas alta densidade de equipamentos por volume de embarcações. No caso da Europa, estaleiros e fornecedores só podem competir nestes mercados e manter uma posição competitiva devido à inovação contínua em processos de engenharia, capital tecnológico, inovação de produtos, competência superior para gerenciar processos e logística e uma estreita cooperação com parceiros estratégicos (BALANCE TECHNOLOGY CONSULTING GMBH, 2014).

Um elemento de extrema importância na formação da competitividade do estaleiro é o nível de desenvolvimento tecnológico e gerencial. A tecnologia, além de ajudar no projeto, na computação e na análise, também pode promover a colaboração entre especialistas de unidades de produção diferentes e deve ser progressiva, auxiliando todos os agentes envolvidos na cadeia produtiva.

Dentre os fatores atuais ligados à tecnologia podemos citar:

- A enorme quantidade de dados gerada por ativos marítimos todos os dias, o que pode ajudar a melhorar o desempenho.
- Computação e colaboração entre vários processos da cadeia produtiva com aplicação de computação robusta.
- Interpretação dos dados coletados na produção e transformação dos mesmos em conhecimentos, produzindo *insights* para questões específicas.

- Digitalização e criação de imagens em 3D, muito utilizadas na fase de projetos para capturar a configuração da embarcação e ajustar novas ou já existentes instalações. Um projeto colaborativo remoto pode também possibilitar melhor desempenho em treinamento, inspeções, manutenção e reparos.

Sob o ponto tecnologia em relação à inovação, esta pode ser afetada por três fatores-chave segundo Malerba (2005):

- Conhecimento: os conhecimentos essenciais sobre a totalidade dos processos de produção divergem entre os setores e impactam de maneira significativa a inovação, a organização e o clima organizacional.
- *Stakeholders* e redes: uma etapa de qualquer cadeia produtiva é composta de *stakeholders*, partes interessadas diversas com múltiplos interesses, sejam elas organizações ou indivíduos. Cada um desses atores é caracterizado por processos individuais de aprendizagem, competência, valores, propósitos e comportamento. Os relacionamentos podem ser mercadológicos ou não-mercadológicos, refletidos por redes com ferramentas de interação, troca e competição.
- Organizações: o aprendizado, as atividades e as interações são adaptadas pelas organizações em suas normas, procedimentos, rotina e clima.

Os níveis de disponibilidade de oportunidades e de condições favoráveis são determinantes para o surgimento de inovações, em conjunto com os três fatores-chaves citados que influenciam diretamente o modo de como será o regime de tecnologia da organização (BRESCHI e MALERBA, 2007).

Abundantemente a literatura trata da indústria de construção naval por uma classificação baseada em gerações segundo Stopford (1997). São elas:

- Primeira Geração: Filosofia de construção das peças aberta em berços diferentes. Os estaleiros possuíam ancoradouros que empregavam grande força de trabalho. Todas as etapas de produção eram amplamente separadas na instalação.
- Segunda Geração: O método de construção mudou para uma filosofia de construção por bloco. O número de berços reduzido para dois ou três e o trabalho de montagem feito em outros locais da mesma instalação. Quantidade limitada de equipamentos instalada antes do lançamento. Instalações de estruturas de aço e acabamento permanecem separadas.

- Terceira Geração: A separação das instalações das estruturas de aço e acabamento permanecem. A montagem de blocos torna-se mecanizada em linhas de processo para montagem rápida do aço na parte intermediária da embarcação. Os blocos se tornam maiores, os tempos de construção são reduzidos e os números de locais de construção também reduzidos. Nível de equipamentos instalados antes de lançar a embarcação aumenta e passa a ocorrer um pré-acabamento de blocos.

- Quarta Geração: Instalações de aço e acabamento permanecem separadas. Montagem automatizada da estrutura de aço aumenta e várias linhas de processo são combinadas sob um único armazém, em um estilo de fábrica. Os blocos se tornam muito maiores e nível de equipamentos instalados antes do lançamento é maximizado. A modularização é utilizada em todas as etapas de produção. Os tempos de ciclos de construção são reduzidos ainda mais.

- Quinta Geração: Embora ainda esteja em andamento, é uma filosofia orientada para produtos. As gerações anteriores concentraram-se em aumentar a eficiência e reduzir os tempos dos ciclos de produção. Os estaleiros navais tenderam a se concentrar em uma faixa de produtos muito restrita e a desenvolver instalações personalizadas para essa faixa. A quinta geração explora a premissa de uma ampla variedade de produtos finais que pode ser construída a partir de diferentes agregações de produtos intermediários padrão. Uma abordagem total do navio é adotada e o processamento das placas de aço e a composição da estrutura é integrado. Dessa forma, a gama de produtos é aumentada.

Conforme os processos industriais tornam-se mais complexos e eficientes, as unidades de produção naval acompanham as mudanças em tecnologia. A construção naval é dividida entre etapas de produção, como construção do casco, maquinário, equipamento e pintura. A evolução dos estaleiros é caracterizada pelos avanços da tecnologia, representados pela evolução em soldagem e em produção em massa com processos automatizados.

Igualmente a literatura aborda com abundância (ou abundantemente) o tema tecnologia em construção naval por níveis, onde o estaleiro é classificado em definições gerais no nível de tecnologia de acordo com os fatores que possui e seu estágio de avanço, segundo AALTO (2015), temos os seguintes níveis de tecnologia segundo Figura 12:

<p>– Level 1: reflects shipyard practice of the early 1960s. The shipyard has several berths in use, low capacity cranes and very little mechanisation. Outfitting is largely carried out on board ship after launch. Operating systems are basic and manual. In summary, the yard is characterised by the most basic equipment, systems and technologies and outdated ways of working.</p>
<p>– Level 2: is the technology employed in the modernised or new shipyards of the late 1960s and early 1970s, There would be Fewer berths in use, possibly a building dock, larger cranes and a degree of mechanisation. Computing would be applied for some operating systems and for design work. Level 2 is better than basic but is significantly below world industry norms.</p>
<p>– Level 3: is good shipbuilding practice of the late 1970s, It is represented by the new or fully re-developed shipyards in the US, Europe, South Korea and Japan. There would be a single dock or level construction area with large capacity cranes, a high degree of mechanisation in steelwork production and more extensive use of computers in all areas.</p>
<p>– Level 4: refers to shipyards that have continued to advance their technology during the 1980s. Generally a single dock, with good environmental protection, short cycle times, high productivity, extensive early outfitting and integration of steel and outfit, together with fully developed CAD/CAM and operating systems. Level 4 is better than industry averages but not up to leading standards.</p>
<p>– Level 5: represents state-of-the-art shipbuilding technology in the 1990s, It is developed from level 4 by means of automation and robotics in areas where they can be used effectively, and by integration of the operating systems, for example, by the effective use of CAD/CAM/CIM. There would be a modular production philosophy in design and production. The level is also characterised by efficient, computer-aided material control and by fully effective quality assurance. In summary, state-of-the-art use of technology and industry-leading business processes, facilities, systems, management and workforce.</p>

Figura 12: Níveis tecnológicos padrão internacional (adaptado AALTO, 2015).

Em tradução para o idioma português, temos:

Nível 1: Reflete a prática de estaleiros do início dos anos 1960. O estaleiro tem vários berços em uso, guindastes de baixa capacidade e muito pouca mecanização. Os sistemas operacionais são básicos e manuais. Em resumo, o estaleiro é caracterizado por equipamentos, sistemas e tecnologias mais básicos e formas ultrapassadas de trabalho.

Nível 2: É a tecnologia empregada nos estaleiros modernizados ou novos dos anos 1960 e início dos anos 1970. Poucos berços em uso, poderia ter uma doca de construção, guindastes com capacidades maiores e uma mecanização um pouco maior que o nível anterior. A computação já aplicada a alguns sistemas operacionais e de projetos de design. É melhor que o nível 1, porém está significativamente abaixo das normas da indústria mundial.

Nível 3: Considerado uma boa prática de construção naval nos anos 1970, é representado pelos estaleiros novos ou totalmente re-desenvolvidos nos EUA, Coréia do Sul e Japão. Neste nível haveria uma única doca ou área de construção nivelada com guindastes de grande capacidade, um alto grau de mecanização na produção de estruturas de aço e uso mais extensivo de computadores em todas as áreas.

Nível 4: Refere-se aos estaleiros que continuaram a avançar sua tecnologia durante os anos 1980. Geralmente um único cais, com boa proteção ambiental, tempos de ciclo de produção curtos, alto desempenho, integração das estruturas de aço com

instalação de equipamentos em conjunto com *softwares* como CAD/CAM e outros operacionais. O nível 4 é melhor que a média do setor naval mundial, que está em nível 3.

Nível 5: Representa a tecnologia de construção naval de última geração nos anos 1990, o que há de mais atual ainda no momento em que esta pesquisa é escrita. Sua tecnologia é desenvolvida a partir do nível 4 por meio de automação e robótica em áreas onde eles podem ser usadas efetivamente, e pela integração dos sistemas operacionais, por exemplo, pelo uso efetivo de CAD/CAM/CIM. É uma filosofia de produção modular em design/projeto e produção. O nível é caracterizado também pelo controle de material eficiente auxiliado por *big data* e pela garantia de qualidade totalmente efetiva. Em resumo, uso avançado de tecnologia em processos de negócios, instalações, sistemas, gerenciamento e força de trabalho líderes do setor.

Conforme dito na descrição de um dos níveis, a média mundial é nível 3. O Brasil também se posiciona nela segundo Dores *et al.* (2012) em estudo do BNDES, porém o nível Brasil está em avanço para outros níveis dentro das etapas de produção da cadeia produtiva de construção naval. Caracterizar corretamente o nível das unidades de construção naval, estaleiros, no Brasil, é determinante para aumentar o desempenho do setor e tornar o Brasil competitivo também no mercado internacional. Na Figura 13 pode-se observar essa inclusão em zonas de transição, as etapas e processos no Brasil encontram-se em dois níveis ao mesmo tempo:

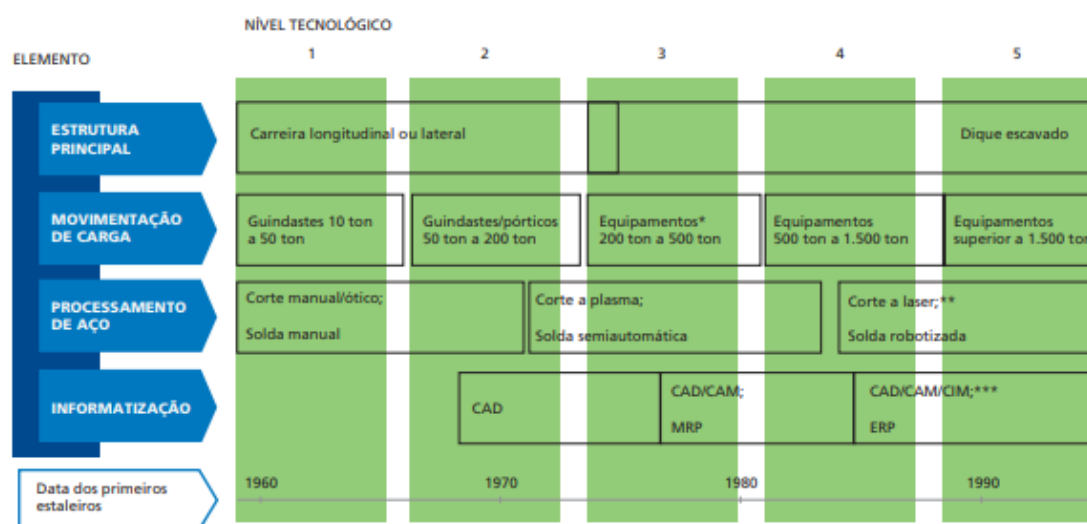


Figura 13: Nível tecnológico brasileiro segundo Dores *et al.* (2012).

Analisar o desempenho de comportamento da indústria de construção naval, como foi apresentado ao longo do texto, se faz por fórmulas matemáticas que basicamente levam em consideração a quantidade de aço processado sobre o tempo de produção, a hora-homem empregada, ou seja, com números crisp e com lógica booleana é possível fazer essa mensuração. Contudo, ao analisar a tecnologia, nos deparamos com dois problemas principais: a sua definição de níveis se dá por palavras ou termos linguísticos e as etapas e processos pertencem a dois níveis ou mais ao mesmo tempo.

Sendo esta então a decisão de trabalhar com esses dois problemas através da lógica *fuzzy*, uma vez que é capaz de processar termos linguísticos e gerar resultados crisp, como também capaz de processar mais de um nível de tecnologia ao mesmo tempo, através do grau de pertinência de cada categoria avaliada. No capítulo seguinte será explicado de forma detalhada todo o processo de aplicação da lógica *fuzzy* a partir das opiniões dos especialistas do setor entrevistados.

3.6 Localização industrial em construção naval

A aplicação dos princípios de *clusters* industriais para discutir as limitações da competição e das inovações no campo do planejamento localizacional vem crescendo em relevância na bibliografia econômica. Sobretudo, esta visão trata da necessidade de uma associação geográfica e setorial de organizações, ao iniciar da qual são geradas externalidades produtivas e tecnológicas indutoras de um maior grau de desempenho (PORTER, 1998). Embora a colaboração produtiva e/ou tecnológica não esteja obrigatoriamente evidente nesses grupos, considera-se que a estruturação dos mesmos fortalece um sistema de relação local que permite o crescimento do desempenho, gerando um meio favorável ao aumento da competitividade dos agentes integrados ao arranjo produtivo local. Somado a isso, o aumento das conexões e comunicações entre organizações nesses grupos habitualmente tem um efeito fundamental nas condições da produção de resultados em conhecimento e estímulo do sistema inovativo em proporção local ou regional (OECD, 1999).

Quando se trata de Brasil, a relevância do fenômeno foi reorganizada em termos de seus conceitos característicos. Principalmente o processo de realocação de produções para a indústria, que na década de 1990 foi fundamental na produção e comercialização de produtos dentro da cadeia de produção, com foco na localização do setor industrial. O aumento da pressão por patamares maiores de eficiência no uso de fatores produtivos incentivou a localização de organizações em lugares nos quais a oferta de fatores como recursos naturais e mão de obra estivessem mais acessíveis, seja no aspecto quantitativo ou no qualitativo.

A definição de *clusters* industriais evidencia a oportunidade de alcance de resultados de desempenho e outras formas de “externalidades”, a começar pelo processo de concentração de organizações em certa região geográfica. A progressiva influência proposta pela bibliografia da avaliação desses *clusters* representa o reconhecimento de que a avaliação setorial padrão não denota importância de um conjunto de manifestações cada vez mais fundamentais no desenvolvimento industrial. A destaque nesse tipo de arranjo apresenta-se uma possibilidade em relação ao aspecto setorial padrão, na medida em que envolve mudanças nas condições de competição entre organizações e que possibilita alcançar um conjunto de fundamentos estruturais e sistêmicos que influenciam a competitividade dos agentes. Como resposta a essa presunção, a produção de análises baseadas em “estudos de caso” sobre estes arranjos tem se otimizado recentemente, incluindo uma diversidade de países e atividades. Estas pesquisas geralmente pressupõem que tais arranjos estão interligados a uma estrutura parcialmente “visualizável”, referente a um setor específico ou a um local geográfico bem delimitado. Sendo assim, busca-se detalhar a configuração institucional desses arranjos e do contexto social pressuposto, analisando-se os termos resultantes no desempenho produtivo e tecnológico do setor objeto de análise na região que estiver em questão (PORTER, 1998).

Em particular, o estudo original dos "distritos industriais" de autoria de Marshall (1920) é uma característica essencial da eficiência da produção, que é particularmente importante na localização geográfica, atribuindo particular importância às interações entre os agentes, que estão envolvidos no processo colaborativo. Os aspectos mais importantes como o fortalecimento da competitividade das organizações incluem os *clusters* derivados da realização de um conjunto de ações conjuntas e coordenadas entre os agentes, como consequência da ampliação da seleção de "eficiência coletiva" de Schmitz (1997), do arranjo produtivo local. Essa "eficiência coletiva" é uma maneira

eficaz e eficiente de reduzir o número de transações de clientes e permitir a diferenciação de produtos em longo prazo.

Tornando os fatores de desenvolvimento da vantagem competitiva de um país mais compreensíveis, Porter delineou sua famosa "teoria do diamante", baseada em quatro vetores que foram usados na construção de um sistema autoreforçado porque o efeito de um dos vetores é refletido no resto. Estes quatro vetores são: as condições do fator expressas em disponibilidade de insumos básicos (terra, mão de obra, capital, infraestrutura, recursos naturais e perícia); as circunstâncias dependendo da disponibilidade de demanda local, nacional ou internacional do produto; indústrias correlatadas ou de apoio relacionadas à presença ou à falta de fornecedores com posição competitiva internacional; os contextos de estratégia, estrutura e rivalidade expressas para determinar como as empresas são criadas, organizadas e gerenciadas, bem como a estrutura de competição nacional.

Sua teoria de *cluster*/aglomerado/arranjo é baseada em uma visão ampla e dinâmica da concorrência entre empresas, lugares e nações. Mais que o tamanho, a competitividade é positivamente influenciada pelas relações mútuas e pelo reforço mútuo que vem da proximidade física das empresas. Para Porter, embora a globalização dê acesso a fatores clássicos de produção cada vez mais facilitados, a vantagem competitiva se dá por meio do conhecimento diferenciado, das qualificações desenvolvidas e da velocidade de inovação que, por sua vez, depende de pessoal qualificado e disponível e do ambiente sócio-institucional. Estas condições são muito dependentes da localização industrial, porque é a combinação de condições nacionais com condições locais que promovem a vantagem competitiva (PORTER, 1998).

Em outras palavras, Porter (1998) ressalta que as organizações espacialmente concentradas têm uma tendência melhor de desempenho competitivo porque elas têm acesso a serviços e informações disponíveis para diferentes produtores localizados nesta concentração. Esses arranjos produtivos são chamados por ele de *clusters*, em português aglomerações. Os *clusters* são caracterizados pelo fato de que as ações entre os agentes possibilitam a realização de investimentos mais expressivos em um contexto mais específico e são projetos coletivos com o apoio do Estado e das instituições de pesquisa que catalisam os recursos de uma economia.

Como uma oportunidade para a geração de vantagem competitiva entre os agentes, uma boa ideia para a difusão da inovação tecnológica e do desenvolvimento organizacional, essas entregas processam e circulam informações e desenvolvem uma capacidade comercial e mercadológica que facilita e previne tendências de comportamento de mercado fundamentais para a tipificação do *cluster*. Essas interações são encarregadas pelo estabelecimento de uma divisão de trabalho interna ao *cluster*, a qual pode ser associada à existência de distintos tipos de agentes no interior do arranjo e à presença de um certo grau de hierarquização dos relacionamentos.

Corroborando, dessa forma, com a ideia de que a realidade de uma estrutura de relações suficientemente forte é importante para a investigação dos recursos de aprendizado por meio da relação no interior dos *clusters*, a começar com aqueles pelos quais são produzidas condições mais satisfatórias para a estabelecimento de uma estrutura de inovação formada em escala local ou regional. A visão de *cluster* é suficientemente extensa para compreender diferentes tipos de características institucionais do processo de concentração espacial de organizações. A bibliografia sobre o tema tem ressaltado a diversidade institucional desses arranjos, quer por meio de estudos de caso mais localizados, a partir dos quais aquela estrutura é discutida num nível mais alto de particularidade, quer por meio da descrição de formas “estilizadas” de *clusters* industriais, que poderiam ser aplicadas, com seus devidos conhecimentos, como um quadro analítico de modelo na discussão de experiências concretas de formação desse tipo de arranjo.

As tipologias de “distritos industriais” construídas por Markussen (1994) são referências de estudos que buscam compreender a variedade institucional desses arranjos. De forma simplificada, são determinados três tipos básicos de arranjos. O primeiro apresenta subsistemas industriais presentes em campos de alta tecnologia, responsáveis pela produção de bens e inovações referentes às tecnologias de informação e comunicação. Nessa forma de estrutura, especialmente destacada na análise de Saxenian (1994), a relação com universidades é grande, a divisão de trabalho complexa e a organização intrafirma é apropriada à pequena dimensão das empresas presentes. O segundo está concentrado em volta de tecnologias relacionadas à produção de máquinas e equipamentos, conforme destacado por Cooke e Morgan (1998) em sua pesquisa da região de Baden-Württemberg, na Alemanha. Nessa forma de arranjo o sistema industrial é reconhecido por um menor número de empresas relevantes e um grande número de pequenas e médias empresas fornecedoras. Por fim, em terceiro lugar, teríamos a situação

de arranjos incluindo empresas de setores industriais tradicionais (produtores de vestuário, cerâmica etc.) que contam com firmas fornecedoras de insumos e equipamentos especialistas localizadas na mesma região.

Na realidade, para as naturezas de um país com um sistema de inovação imaturo como o Brasil, o aumento das relações entre organizações no meio desses arranjos pode ajudar de forma fundamental para a modernização tecnológica de processos industriais, permitindo a diminuição da diferença tecnológica de regiões do país frente à fronteira tecnológica internacional.

A visão sistêmica necessita que as outras ligações destes produtores com os demais grupos de organizações e instituições sejam estudadas. Dessa forma, observa-se que, no campo do setor em questão, os demais agentes constantes no limite setorial são (HORA *et al.*, 2009):

- Usuários: tratam-se de armadores públicos, privados ou Forças Armadas que requerem as embarcações e/ ou plataformas para a execução de suas operações. A Transpetro, conforme já citado no texto, por meio de seu PROMEF e, atualmente, a Marinha do Brasil, com seu Programa de Reparamento da Marinha (PRM), são os importantes clientes dos itens produzidos pelos estaleiros brasileiros.
- Fornecedores: representados por indústrias complementares situadas na cadeia de suprimentos, como: navipeças, siderurgia, metalurgia, metal-mecânica e serviços técnicos especializados.
- Aparato Técnico-Financeiro: subsistema constituído por sociedades classificadoras como: Lloyd Register; American Bureau Shipping; Bureau Colombo; Bureau Veritas; Noësk Veritas; Germanischer Lloyd e Noble Danton, encarregados pela homologação do projeto, pelas perícias, pela emissão dos laudos técnicos e pela verificação do padrão da construção do navio; seguradoras como: Lloyd Register; Instituto de Resseguros do Brasil (IRB); United Kingdom Protection and Indemnity Club (UKP&I), que fundamentam o elevado montante investido pelos armadores; e bancos ou grupos de investidores em capital de risco.
- Instituições de Pesquisa e Qualificação Profissional: Agente composto por universidades, escolas técnicas, institutos de pesquisa, sindicatos e associações profissionais que apresentam estudos e pesquisas referentes à indústria de construção naval, além de serem agentes formadores de mão de obra especializada para atuação no

setor. No Brasil são representadas, por exemplo, por: UFRJ, UFF, CEFET/RJ, SENAI, SOBENA, SINAVAL e SYNDARMA.

- Governo e Agências: incumbidos pela construção e pela implementação das políticas públicas de desenvolvimento setorial, retrata os Poderes Públicos Federal, Estadual e Municipal, com seus ministérios e secretarias que regulam as políticas públicas industriais, operacionalizadas por suas agências, autarquias e empresas. No Brasil, o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, além de agências como FINEP e BNDES, Agência Nacional do Petróleo (ANP), Inmetro, INPI, Petrobras e Transpetro, são as mais importantes organizações brasileiras que obtém participação direta no setor de construção naval;

Estaleiros: a mais importante conexão da cadeia naval, tem trabalhado na busca pela internalização de competências técnica, gerencial e tecnológica, além de investimentos em infraestrutura de manufatura que atestem qualidade. Somado a isso, os estaleiros, ou por meio de cooperação técnica com organizações como o SINAVAL, IBP e ONIP, têm gerado programas de certificação profissional, especializando seus recursos humanos e qualificando fornecedores de diversos níveis para as boas práticas internacionais do setor.

Entende-se que as informações a serem analisadas são subjetivas, dadas por expressões verbais que sintetizam o pensamento e as emoções que são mais abrangentes do que a linguagem lógica clássica. No campo de conhecimento da inteligência artificial, a lógica *fuzzy* utiliza técnicas de programação que procuram resolver problemas do mesmo modo que um ser humano os resolveria (ARARIBOIA, 1988).

Aplicada em sistemas complexos, que envolvam poucos dados ou a ausência deles; a lógica *fuzzy* é uma abordagem sugerida para tratar problemas de estruturação complexa, envolvendo tanto variáveis qualitativas como quantitativas sujeitas a variações probabilísticas relevantes ou descritas por bases de dados diferentes e incompletas. Quando se utilizam dados incertos, uma informação deixa de ser representada por um número e passa a ser representada por um conjunto.

No momento em que fez seu pós-doutorado na Universidade de Cambridge, o professor Carlos Alberto Nunes Cosenza criou um modelo de localização industrial fundamentado em conceitos matemáticos clássicos, que foi denominado de COPPE-Cosenza (1981). Desde então o modelo segue avançando e associando princípios da

lógica *fuzzy*, objetivando estabelecer uma ferramenta computacional de localização flexível e segura o bastante para trabalhar com centenas de variáveis complexas e vagas (ROSS, 2010).

Ademais, o modelo não é usado apenas para identificar locais ideais para a instalação de organizações industriais, mas também para dar prioridade a centenas de opções de localização, ou seja, hierarquizar, além de apoiar a tomada de decisões em várias situações, incluindo o meio ambiente e as políticas públicas Cosenza *et al.* (2015). A discussão do modelo de análise hierárquica do Professor Cosenza concentra-se nas diretrizes, a fim de compreender melhor o escopo da fundamentação do aspecto de localização industrial, objeto de estudo e de análise qualitativa de desempenho desta pesquisa.

Pode-se ressaltar a aplicação do modelo COPPE-Cosenza no Estudo da localização ótima da produção de biodiesel da Petrobras nas regiões nordeste e centro-sul do Brasil, onde centenas de municípios foram classificados, levando-se em consideração dezenas de fatores de localização (COSENZA, 2005).

Foram hierarquizados 1789 municípios para localização de usinas de biocombustíveis. Neste modelo muitos fatores são considerados para as várias aplicações, onde especialistas subtraem ou acrescentam e alteram os coeficientes de importância no estudo locacional. Foram utilizados os mesmos fatores do modelo de Cosenza (2005) nesta pesquisa. Os fatores considerados são os de maior frequência e elevado grau de suporte, são eles: elementos vinculados ao ciclo de produção; elementos relativos ao transporte; serviços de interesse industrial; integração industrial; disponibilidade de mão de obra; energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento); água (disponibilidade e regularidade de suprimento); condições gerais de vida para a população; elementos do clima e características do solo; outras restrições e facilidades relativas à instalação industrial.

O modelo COPPE-Cosenza detecta a localização ótima (“*h*”) de políticas a serem realizadas em vários locais possíveis com base em fatores de localização. O modelo leva em consideração o grau de importância de cada fator de localização em termos dos requisitos específicos das diretrizes e políticas e das características específicas de cada local potencial para atender a esses requisitos. O modelo usa matrizes para refletir a demanda por fatores de localização (por política) e o fornecimento de fatores de

localização (em locais potenciais). Para a determinação dos fatores potenciais de localização industrial naval brasileira desta pesquisa utilizaram-se os fatores de localização adotados por Cosenza no trabalho de produção de biodiesel, pelo grau de importância atestado pelos especialistas da área de construção naval em suas opiniões registradas nos questionários de localização industrial. No capítulo referente à estrutura do modelo é demonstrado com maior riqueza de detalhes (COSENZA, 2005).

O modelo representa uma matriz de demanda expressa por $\mathbf{A} = (a_{ij}) h \times n$ e uma matriz de oferta expressa por $\mathbf{B} = (b_{jk}) n \times m$. Os elementos a_{ij} da matriz \mathbf{A} expressam a importância do fator de localização j no que toca à demanda por política i . Esse interesse é uma variável definida por expressões linguísticas como: nenhuma, pouca, moderada, bastante, crucial. Os elementos b_{jk} da matriz \mathbf{B} expressam a avaliação da localidade potencial k para o fator local j (COSENZA, 2005).

O modelo COPPE-Cosenza propõe gerar uma matriz $\mathbf{C} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = (c_{ik}) h \times m$, utilizando a matriz de oferta e demanda, onde o desempenho de cada elemento indica o desempenho do local potencial k da política i , levando em consideração os escores de localização em cada fator de localização, ponderados pela importância de cada fator. O elemento $máxk$ (c_{ik}) refere-se ao melhor local para implementar a política i . Da mesma forma, o elemento $máxi$ (c_{ik}) refere-se à melhor política que deve ser implementada no local potencial k . Diferentes operadores podem ser usados para esta operação matricial, que também deve ser representada por matrizes (COSENZA, 2005).

Finalmente, o modelo COPPE-Cosenza sugere a geração de uma matriz final $\mathbf{D} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{E} = (d_{ik}) h \times m$, na qual $\mathbf{E} = (e_{il}) h \times h$ é uma matriz diagonal que pondera a matriz elementar dos pesos da matriz sobre o número de fatores. Cada elemento da diagonal da matriz \mathbf{E} (isto é, se $i = l$) é dado por $e_{il} = 1 / n$, e outros elementos da matriz (isto é, se $i \neq l$) são iguais a 0. O elemento d_{ik} , de forma semelhante (COSENZA, 2005).

4. MODELO PROPOSTO DE PRIORIZAÇÃO

Este capítulo apresenta o modelo proposto, desenvolvido para a avaliação da priorização, ferramenta esta que será apresentada de forma sistemática, integrando fatores tecnológicos e de localização industrial para organizações de construção naval que lidam com essas variáveis qualitativas com dificuldade, devido ao exposto ao longo do texto, após analisar que fatores poderiam ser melhorados, gerando um melhor desempenho da produção, objetivo específico deste trabalho. Como materiais para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados dados e informações obtidas por meio de pesquisas bibliográficas. As pesquisas bibliográficas, apresentadas no Capítulo 2, foram conduzidas durante todo o período do trabalho de tese e serviram de base para a definição da estrutura do método de avaliação.

O método de avaliação foi desenvolvido em três etapas:

1. Elaboração de uma estrutura de fatores críticos, baseada nos níveis de tecnologia naval internacional (Seção 3.5) e nos princípios de localização industrial de Cosenza (Seção 3.6).
2. Determinação dos fatores críticos e de sua importância, uma base de referência de avaliação organizacional segundo especialistas atuantes no setor de construção naval brasileira.
3. Avaliação dos resultados e priorização qualitativa.

4.1 Estrutura de fatores críticos

A lógica de modelagem *fuzzy* é baseada em processos interconectados, são eles: variáveis de entrada, máquina de inferência e variáveis de saída. É viável analisar as variáveis qualitativas/linguísticas que nesta pesquisa são os fatores críticos em relação à tecnologia e a localização industrial.

O sistema de avaliação tecnológica da indústria naval mais conhecido internacionalmente consiste na avaliação de atividades ou fatores da tecnologia do estaleiro, com um intervalo entre 1 e 5, onde 5 corresponde ao estado da arte internacional, para cada elemento. Citada no item 3.5 desta pesquisa, foi construída uma tabela-resumo da tradução dos níveis tecnológicos internacionais e seus principais fatores críticos foram elencados, conforme abaixo:

Tabela 1: Resumo dos níveis tecnológicos internacionais adaptado para o português

Níveis tecnológicos	Característica
Primeiro	Estaleiros antigos, a construção é feita uma peça por vez em uma carreira, demandando enorme quantidade de mão de obra. As oficinas de aço e de acabamento completamente separadas.
Segundo	Introdução da construção por blocos com grande redução da quantidade de carreiras por estaleiro, uma vez que maior parte do trabalho de montagem passa a ser feito em grandes oficinas.
Terceiro	Mecanização da montagem de blocos, com aumento do tamanho de blocos, redução do tempo de montagem e redução dos locais de montagem. Oficinas de aço e acabamento ainda separadas, porém com pré-acabamento iniciado antes do lançamento do navio.
Quarta	Automação da montagem de blocos, com múltiplas linhas de processo combinadas sob um único galpão industrial. Blocos ainda maiores e já produzidos com acabamento avançado, apesar de separação das oficinas de aço. Tempos de produção reduzido e especialização dos estaleiros e um determinado produto.
Quinta	Filosofia de construção orientada ao produto, com instalações industriais flexíveis para a construção de uma ampla variedade de produtos, com rápida aprendizagem para cada novo tipo de embarcação. Oficinas de aço e acabamento totalmente integralizado.

Nesta pesquisa os níveis tecnológicos internacionais da Figura 12 citada no ítem 3.5 foram divididos pelas grandes etapas-padrão de produção de embarcações navais, com base em estudo do setor pelo BNDES (DORES *et al.*, 2012), citado no mesmo ítem, Etapas: estrutura principal, movimentação de carga, processamento do aço e informatização. Os termos linguísticos presentes no quadro acima (Tabela 1 traduzida) foram distribuídos pelas etapas (PINTO *et al.*, 2018), e resultaram em 12 fatores críticos de tecnologia, são eles:

Quanto à estrutura principal:

- Quantidade de mão de obra
- Construção por blocos

- Portfólio do estaleiro ser especializado
- Preocupação com proteção ambiental
- Qualificação da mão de obra
- Grau de automação e robótica

Quanto à movimentação de carga:

- Capacidade dos guindastes
- Controle do tempo de movimentação de carga

Quanto ao processamento de aço:

- Oficinas de aço e acabamentos integradas
- Controle do tempo de montagem dos blocos

Quanto à informatização:

- Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM
- Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão

da mão de obra.

Em relação à localização industrial foi composta uma lista de fatores críticos com base no modelo de análise hierárquica COPPE-Cosenza (COSENZA, 2005), citado no item 3.6, onde os fatores considerados são os de maior frequência e elevado grau de suporte. Resumidamente, são eles:

- Elementos vinculados ao ciclo de produção
- Elementos relativos ao transporte
- Serviços de interesse industrial
- Integração industrial
- Disponibilidade de mão de obra
- Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)
- Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)
- Condições gerais de vida para a população
- Elementos do clima e características do solo

- Outras restrições e facilidades relativas à instalação industrial

Os fatores críticos citados por meio de termos linguísticos fundamentaram os questionários enviados aos especialistas atuantes em áreas de interesse em construção naval, que podem ser vistos no Apêndices 2 e 3 desta pesquisa.

4.2 Estrutura de priorização

Nesta fase da pesquisa foi utilizada uma versão adaptada do procedimento de avaliação da qualidade de Belchior (1997) e Moré (2004) e também do procedimento de avaliação de resiliência organizacional de Grecco (2012). O objetivo é descobrir qual a importância de cada etapa de produção e de cada fator crítico com base na opinião expressa por especialistas consultados para que seja gerado um padrão de priorização. Isso significa que a importância que o especialista atribui a cada fator é o caminho do melhor desempenho da organização. A determinação do padrão de priorização qualitativa é dividida em sete etapas, que são mostradas na Figura 14:

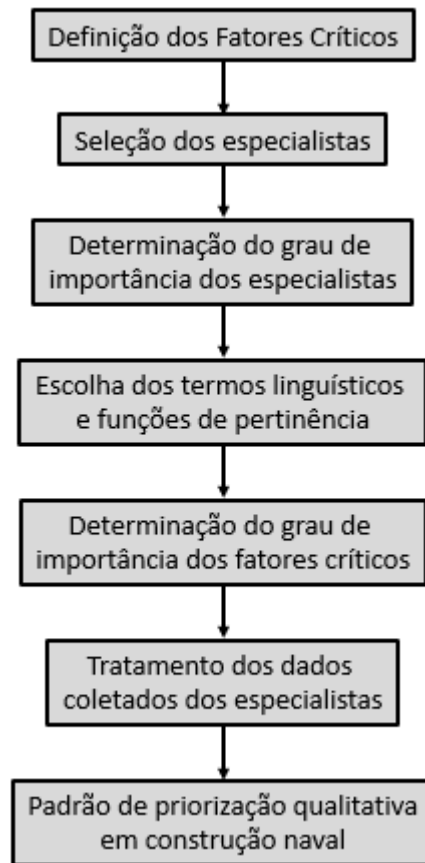


Figura 14: Etapas do modelo de priorização proposto.

• **ETAPA 1: Definição dos Fatores Críticos.**

Esta etapa foi demonstrada no item 4.1. Esses fatores críticos de tecnologia e localização industrial serão as variáveis linguísticas do método.

• **ETAPA 2: Seleção dos especialistas.**

A teoria dos conjuntos *fuzzy* possibilita demonstrar o conhecimento obtido através das funções de pertinência. Um modelo *fuzzy* feito com a ajuda de especialistas terá maior

precisão com um maior número de especialistas reconhecidos por seu conhecimento, experiência e trabalho no campo de interesse (ISHIKAWA *et al.*, 1993).

Desta forma, a seleção de especialistas é um fator decisivo, pois a credibilidade e a qualidade dos resultados dependem da qualidade dos especialistas. Em geral, no entanto, todas as pessoas com conhecimento e experiência reconhecidos que estão ou estiveram direta ou indiretamente envolvidas no campo de interesse são candidatas ao processo de avaliação.

O critério estabelecido neste trabalho preocupou-se com a qualidade da informação que poderá ser usada por agentes decisores na construção naval brasileira. Desta forma, nesta pesquisa participou, dentro universo disponível para participar atendendo ao critério qualidade da informação prestada, um grupo composto por onze especialistas que atuam no mercado de construção naval no Brasil, com comprovada experiência na área de mínimo de 5 anos de atuação, presentes diferentes regiões geográficas do país, com diferentes cargos e titulações acadêmicas, chegando ao nível de doutorado com pesquisas na área de estudo.

• ETAPA 3: Determinação do grau de importância dos especialistas.

Como um grupo de especialistas é composto por individualidades em cada especialista, as opiniões não podem ser consideradas com a mesma força, com o mesmo grau de importância. Desta forma, toda opinião será importante em particular de acordo com a importância do especialista.

Para determinar a importância do especialista foi necessária uma ferramenta de aquisição de dados. Essa ferramenta de coleta de dados é um questionário (Q) para identificar o perfil do especialista. Cada questionário contém informações de um único especialista. As importâncias variam de acordo com cargo e seu grau de escolaridade

A importância de cada especialista, o GIE_i , que é a sua importância relativa em comparação com outros especialistas, é determinado pela Equação 4.1:

$$GIE_i = \frac{\Sigma(P_t+P_c)}{\Sigma tPesos} \quad (4.1)$$

Onde:

Pt = Peso por titulação

Pc = Peso por cargo

Σ tPesos = Somatório total de Pesos

Seguindo os seguintes critérios de classificação, no que toca à titulação: Doutorado = peso3, Mestrado = peso2, Graduação = Peso1; no que toca aos cargos: Diretor = peso3, Gerência = peso2, Engenheiro = peso1.

• **ETAPA 4: Escolha dos termos linguísticos e das funções de pertinência.**

Do ponto de vista da teoria *fuzzy*, qualquer fator crítico pode ser considerado como uma variável linguística com relação a um conjunto de termos linguísticas associadas a funções de pertinência em um conjunto de referência predeterminado. Cada fator é composto de termos linguísticos obtidos em um processo de avaliação executado pela opinião de especialistas. É por isso que eles também serão números *fuzzy*.

Os termos linguísticos desta pesquisa foram determinados como:

- **Crucial Relevância (CR):** para os fatores críticos que são julgados cruciais, têm grande importância para o melhor desempenho em construção naval;
- **Bastante Relevância (BR):** para os fatores críticos que são julgados muito relevantes, têm importância para melhor desempenho em construção naval;
- **Relevância Moderada (RM):** para os fatores críticos que são julgados apenas relevantes, têm pouca importância para o melhor desempenho em construção naval;
- **Pouca Relevância (PR):** para os fatores críticos que são julgados pouco relevantes, têm quase nenhuma importância para o melhor desempenho em construção naval;
- **Nenhuma Relevância (NR):** para os fatores críticos que são julgados zero relevantes, têm nenhuma importância para o melhor desempenho em construção naval;

Os termos linguísticos determinados nesta etapa têm sido amplamente utilizados em muitos estudos e pesquisas, em particular em medidas comportamentais nas organizações (SIQUEIRA, 2008). Essas expressões linguísticas são representadas por números *fuzzy* triangulares que indicam o grau de importância de cada fator em questão. Segundo Pedrycz (1994), os números *fuzzy* triangulares processam informações muito boas com alto grau de incerteza e indefinição, assim como as variáveis linguísticas que traduzem as opiniões de especialistas.

A Figura 15 demonstra as variáveis linguísticas, os termos linguísticos e os gráficos das suas funções de pertinência e a Tabela 2, em seguida, os números *fuzzy* triangulares para os termos linguísticos.

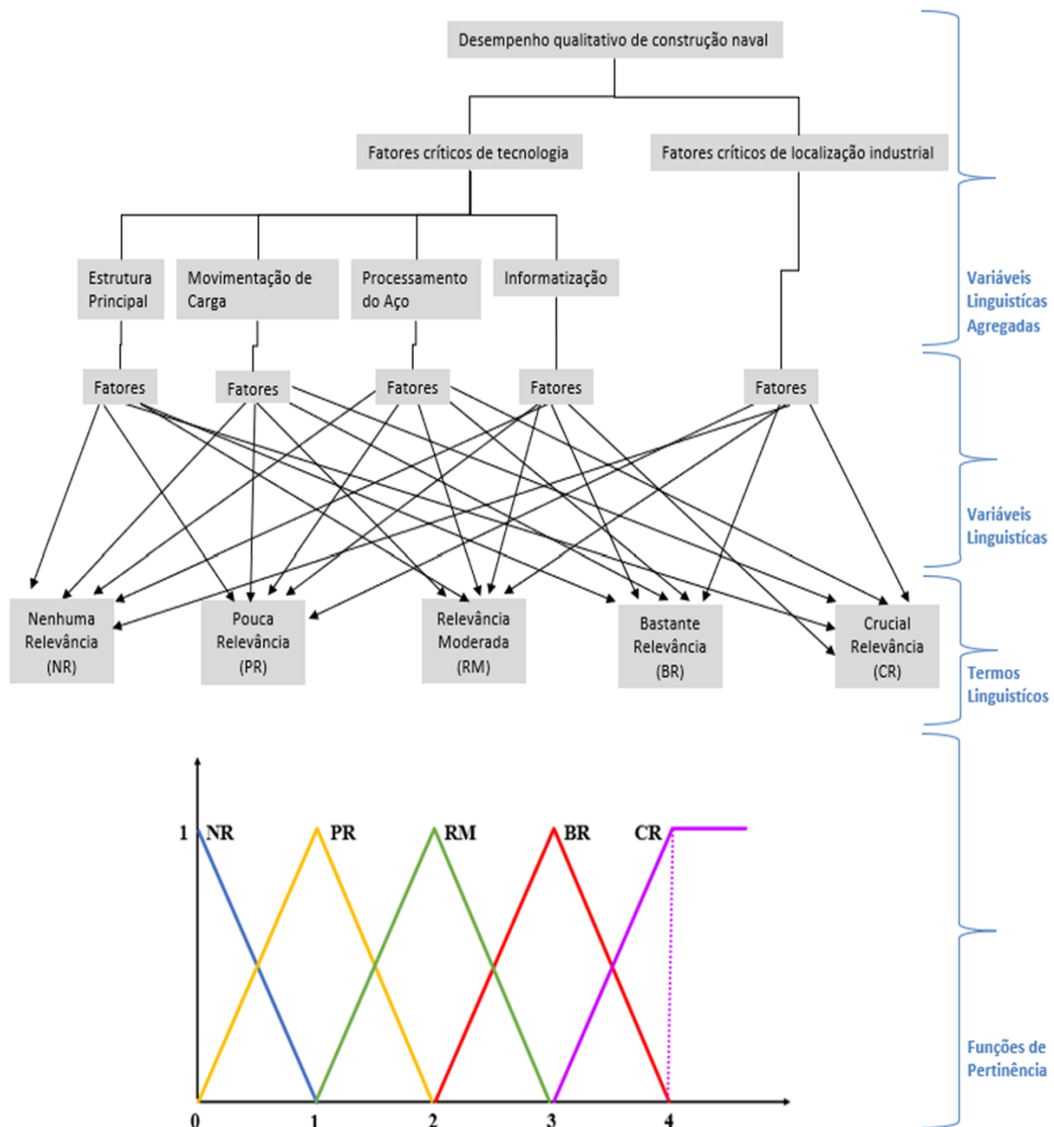


Figura 15: As variáveis linguísticas, os termos linguísticos e os gráficos das funções de pertinência.

Tabela 2: Números *fuzzy* para os termos linguísticos.

Grau de Importância	Simbologia	Termo Linguístico	Número fuzzy traingular			Área	
0,0	NR	Nenhuma Relevância	N ₁	0,0	0,0	1,0	0,5
1,0	PR	Pouca Relevância	N ₂	0,0	1,0	2,0	1,0
2,0	RM	Relevância Moderada	N ₃	1,0	2,0	3,0	1,0
3,0	BR	Bastante Relevância	N ₄	2,0	3,0	4,0	1,0
4,0	CR	Crucial Relevância	N ₅	3,0	4,0	4,0	0,5

O conjunto dos termos linguísticos da Tabela 2 acima contém as seguintes funções de pertinência propostas por Lee (1996):

$$N_1 = (0,0; 0,0; 1,0) \quad \mu_{N_1}(x) = \begin{cases} 1 - x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & 1 \leq x \leq n \end{cases}$$

$$N_2 = (k - 2; k - 1; k) \quad \mu_{N_2}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq k - 2 \\ x - (k - 2), & k - 2 \leq x \leq k - 1 \\ k - x, & k - 1 \leq x \leq k \quad \text{para } k = 2, \dots, (n-1) \\ 0, & k \leq x \leq n \end{cases}$$

$$N_n = (n - 2; n - 1; n - 1) \quad \mu_{N_n}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq n - 2 \\ x - (n - 2), & n - 2 \leq x \leq n - 1 \end{cases}$$

• **ETAPA 5: Determinação do grau de importância dos fatores críticos.**

Esta etapa destina-se a obter dos especialistas os níveis de importância de cada fator crítico, de cada conceito de tecnologia e localização industrial, usando o conjunto de termos linguísticos indicados pelos números *fuzzy* triangulares na Tabela 2.

É fundamental que todo especialista entenda que sua opinião é usada em um trabalho de pesquisa, em vez de uma avaliação de conhecimentos, para que eles possam opinar apropriadamente.

• **ETAPA 6: Tratamento dos dados coletados dos especialistas.**

Nesta etapa foi utilizado o método de agregação de similaridades proposto por Hsu e Chen (1996), utilizado também na obtenção de padrão de resiliência organizacional por Grecco (2012). Neste método os julgamentos de especialistas individuais são combinados. Esta etapa inclui:

- 1) o cálculo do grau de concordância entre opiniões;
- 2) a construção da matriz de concordância;
- 3) o cálculo da concordância relativa;
- 4) o cálculo do grau de concordância relativa;
- 5) o cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas;
- 6) determinar o valor *fuzzy* de cada fator com base nos conceitos de tecnologia e de localização industrial.

• **ETAPA 6.1: Cálculo do grau de concordância entre opiniões.**

O cálculo do grau de concordância (CG) é realizado combinando os julgamentos dos especialistas E_i e E_j por meio da relação entre a área de interseção (AI) e área de união (AU) de suas funções de pertinência, Equação 4.2.

$$GC_{ij} = \frac{AI}{AU} = \frac{\int x (\min\{\mu_{Ni}(x), \mu_{Nj}(x)\}) dx}{\int x (\max\{\mu_{Ni}(x), \mu_{Nj}(x)\}) dx} \quad (4.2)$$

As Tabelas 3 e 4 demonstram os valores das áreas de interseção e de união das opiniões *fuzzy*.

As Figuras 16 e 17 demonstram a representação da área de interseção e de união de duas opiniões *fuzzy* (BR e CR).

Tabela 3: Valores das áreas de interseção das opiniões *fuzzy*.

	NR	PR	RM	BR	CR
NR	0,50	0,25	0,00	0,00	0,00
PR	0,25	1,00	0,25	0,00	0,00
RM	0,00	0,25	1,00	0,25	0,00
BR	0,00	0,00	0,25	1,00	0,25
CR	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50

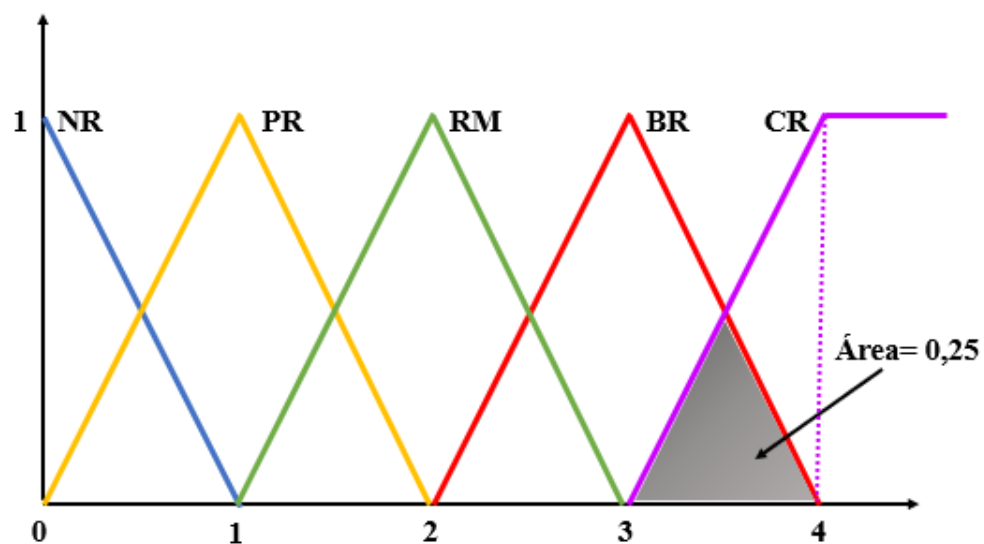
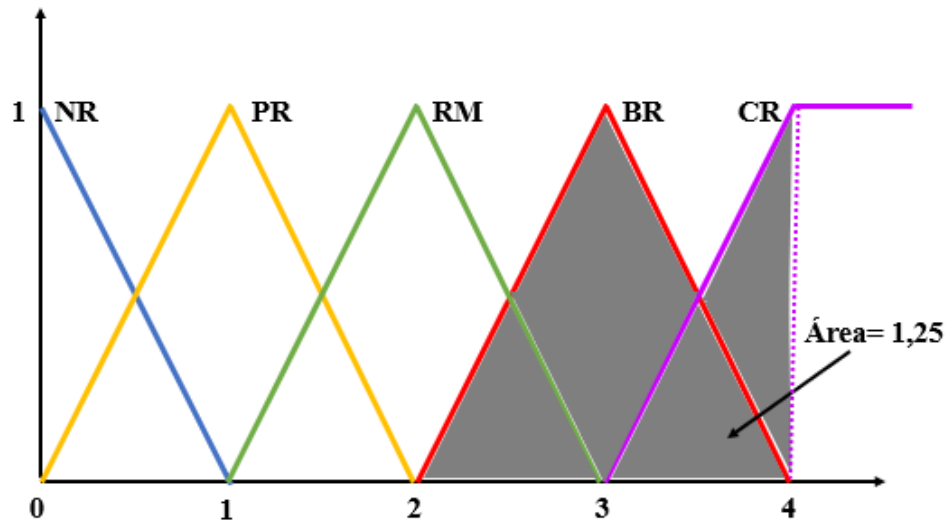


Figura 16: Representação da área de interseção de duas opiniões *fuzzy* (BR e CR).

Tabela 4: Valores das áreas de união das opiniões *fuzzy*.

	NR	PR	RM	BR	CR
NR	0,50	1,25	1,50	1,50	1,00
PR	1,25	1,00	1,75	2,00	1,50
RM	1,50	1,75	1,00	1,75	1,50
BR	1,50	2,00	1,75	1,00	1,25
CR	1,00	1,50	1,50	1,25	0,50

Figura 17: Representação da área de união de duas opiniões *fuzzy* (BR e CR).

• **ETAPA 6.2: Construção da matriz de concordância.**

A matriz de concordância (MC) é feita com todos os graus de concordância entre cada par de especialistas E_i e E_j . Se $i = j$, $GC_{ij} = 1$.

$$MC = \begin{bmatrix} 1 & GC_{12} & GC_{1j} & GC_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ GC_{i1} & GC_{i2} & GC_{ij} & GC_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ GC_{n1} & GC_{n2} & GC_{nj} & 1 \end{bmatrix}$$

Se houver um $GC_{ij} = 0$, isso significa que não houve interseção entre o julgamento do *i-ésimo* e do *j-ésimo* especialista. Logo, dependendo da conveniência de avaliação, mais informações desses especialistas podem ser obtidas para ajustar suas opiniões e alcançar uma interseção entre elas.

Se os valores $GC_{ij} = 0$ estiverem incluídos na matriz, esses valores terão importância zero no resultado final do processo de agregação. O grau de concordância igual a zero de um especialista em particular reduz a importância de considerar esse especialista para a avaliação final do fator. No entanto, se houver um grande número de graus de concordância zero, ou seja, um baixo consenso entre especialistas, isso pode significar que eles não entenderam suficientemente o instrumento de avaliação. Neste caso, é necessário obter mais informações dos especialistas para que se alcance um consenso entre eles.

• **ETAPA 6.3: Cálculo da concordância relativa.**

O cálculo da concordância relativa de cada especialista (CR_i) é dado pela média quadrática do grau de concordância entre eles, utilizando os dados da matriz de concordância (MC), Equação 4.3:

$$CR_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{j=1}^n (GC_{ij})^2} \quad (4.3)$$

• **ETAPA 6.4: Cálculo do grau de concordância relativa.**

O cálculo do grau de concordância relativa de um especialista (GCR_k), em relação aos outros especialistas, é dado pela média ponderada da concordância relativa de cada especialista (CR_i), Equação 4.4:

$$GCR_k = \frac{CR_k}{\sum_{i=1}^n CR_i} \quad (4.4)$$

• **ETAPA 6.5: Cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas.**

O cálculo do coeficiente de consenso de cada especialista (CCE_k) é dado utilizando os valores do grau de concordância relativa (GCR_k) e do grau de importância do especialista (GIE_k), Equação 4.5:

$$CCE_k = \frac{GCR_k * GIE_k}{\sum_{i=1}^n (GCR_i * GIE_i)} \quad (4.5)$$

• **ETAPA 6.6: Determinação do valor *fuzzy* de cada fator crítico.**

O resultado da avaliação dos fatores críticos determinará o valor *fuzzy* de cada fator relativo aos conceitos de tecnologia e de localização industrial que será dado por N , que é um número *fuzzy* triangular, Equação 4.6:

$$N = \sum_{i=1}^n (CCE_i * n_i) \quad (4.6)$$

Onde n_i é o número *fuzzy* triangular relativo aos termos linguísticos (NR, PR, RM, BR, CR) utilizados pelos especialistas na avaliação dos fatores críticos.

• **ETAPA 7: Estabelecimento do padrão de priorização qualitativa em construção naval.**

Para estabelecer o padrão de priorização qualitativa em construção naval, a base para avaliar a priorização de uma unidade de negócios é o grau de importância de cada fator crítico, que forma cada conceito de tecnologia e de localização industrial.

O grau de importância de cada fator (GIFi) de cada conceito de tecnologia e de localização industrial é obtido pela normalização dos valores desses fatores (equação 3.7). Para isso, o valor de b_i é determinado a partir do número *fuzzy* triangular referente $N(a_i, b_i, c_i)$. Este valor de b_i se refere ao valor com grau de relevância 1. Este é o valor *crisp* do fator, Equação 4.7.

$$\text{GIFi} = \frac{b_i}{\text{maior valor de } b} \quad (4.7)$$

A Tabela 5 mostra um exemplo de estabelecimento de padrão de priorização da etapa “Movimentação de Carga” de tecnologia. Este exemplo considera que o número *fuzzy*, calculado na etapa anterior para o fator “Capacidade dos guindastes” possui o maior valor de b .

Tabela 5: Exemplo de um estabelecimento de padrão de priorização para o conceito “Movimentação de Carga”.

	Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia	Importância Normalizada Global (GIFg)
	a	b	c			
2. Movimentação de Carga						
2.1. Capacidade dos guindastes	2,58	3,58	3,90	1,000	1,000	0,936
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga	1,92	2,92	3,63	0,818	0,818	0,766

5. APLICAÇÃO DO MODELO DE PRIORIZAÇÃO

No capítulo anterior foi descrito o modelo proposto de priorização, o método e sua estrutura, etapa por etapa. Neste capítulo é descrita a aplicação do modelo através do método descrito.

5.1 Modelo aplicado

Nesta etapa da aplicação do modelo, de acordo com o detalhado no capítulo 4, são expressas as fases executadas para a determinação do padrão de priorização qualitativa em construção naval.

- **Fase 1: Definição dos fatores críticos**

Os fatores críticos demonstrados no item 4.1 são as variáveis linguísticas do método. A estrutura dos fatores críticos de tecnologia e de localização industrial e a avaliação do padrão qualitativo em construção naval são apresentadas nas Tabelas 6 e 7 a seguir:

Tabela 6: Fatores críticos em tecnologia em construção naval.

Fatores Críticos de tecnologia em construção naval
Estrutura Principal
1.1. Quantidade de mão de obra
1.2. Construção por blocos
1.3. Portfólio do estaleiro, ser especializado
1.4. Preocupação com proteção ambiental
1.5. Qualificação da mão de obra
1.6. Grau de automação e robótica
Movimentação de Carga
2.1. Capacidade dos guindastes
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga
Processamento do Aço
3.3. Oficinas de aço e acabamentos integradas
3.2. Controle do tempo de montagem dos blocos
Informatização
4.1. Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM
4.2. Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra

Tabela 7: Fatores críticos em localização industrial.

Fatores Críticos de localização industrial em construção naval
5.1. Elementos vinculados ao ciclo de produção
5.2. Elementos relativos ao transporte
5.3. Serviços de interesse industrial
5.4. Integração industrial
5.5. Disponibilidade de mão-de-obra
5.6. Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)
5.7. Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)
5.8. Condições gerais de vida para a população
5.9. Elementos do clima e características do solo
5.10. Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial

- **Fase 2: Seleção dos especialistas**

No que toca à seleção dos especialistas, conforme dito anteriormente a pesquisa contou com um grupo de onze especialistas, todos com conhecimentos, experiência e trabalho na área de construção naval brasileira, atuantes em diferentes regiões do Brasil.

Especialista 1: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de energia *offshore* há 15 anos, no estado do Rio de Janeiro, possui mestrado e doutorado em engenharia naval. Experiência em hidrodinâmica, engenharia de projetos e produção de petróleo e gás natural.

Especialista 2: Engenheiro Naval, atuante no cargo de gerente em empresa de construção e supervisão em construção naval há 4 anos, no estado do Rio de Janeiro, tendo passado, nos anteriores 4 anos, por outras empresas da área de construção naval na China, Alemanha e no estado do Rio de Janeiro. Experiência em projetos de construção naval.

Especialista 3: Engenheiro Mecânico, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 4 anos, no estado do Rio de Janeiro, tendo passado, nos anteriores 8 anos, por outras empresas da área de construção naval também no estado do Rio de Janeiro. Experiência em engenharia de projetos.

Especialista 4: Engenheiro Naval, atuante no cargo de diretor em empresa de construção naval há 2 anos, no estado do Rio de Janeiro, tendo passado, nos anteriores 5 anos, por outras empresas da área de construção naval também no estado do Rio de Janeiro. Experiência em análises estruturais, engenharia de projetos e produção de petróleo e gás natural.

Especialista 5: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 5 anos, no estado de Pernambuco. Experiência em engenharia de projetos.

Especialista 6: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 1 ano, no estado de São Paulo, tendo passado, nos anteriores 5 anos, por outras empresas da área de construção naval também no estado do Rio de Janeiro, possui mestrado em engenharia naval. Experiência em engenharia de projetos e arquitetura naval.

Especialista 7: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de energia *offshore* há 8 anos, no estado do Rio de Janeiro, possui mestrado em engenharia naval. Experiência em arquitetura naval.

Especialista 8: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 6 anos, no estado de Santa Catarina. Experiência em engenharia de projetos.

Especialista 9: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 4 anos, no estado do Rio de Janeiro, tendo passado, nos anteriores 4 anos, por outra empresa de consultoria em construção naval atuando em todo o Brasil, possui mestrado em montagem industrial. Experiência em engenharia de projetos, gerenciamento de projetos e administração da produção.

Especialista 10: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de energia *offshore* há 4 anos, no estado do Rio de Janeiro, tendo passado anteriormente, nos anteriores 2 anos, por outras empresas da área de construção naval também no estado do Rio de Janeiro. Experiência em arquitetura naval.

Especialista 11: Engenheiro Naval, atuante no cargo de engenheiro em empresa de construção naval há 6 anos, no estado do Rio de Janeiro. Experiência em análises estruturais.

Dessa maneira, determinou-se o conjunto de especialistas que avaliaram os fatores críticos como: $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$, onde $n = 11$.

A distribuição dos especialistas por titulação acadêmica pode ser vista no gráfico da Figura 18:

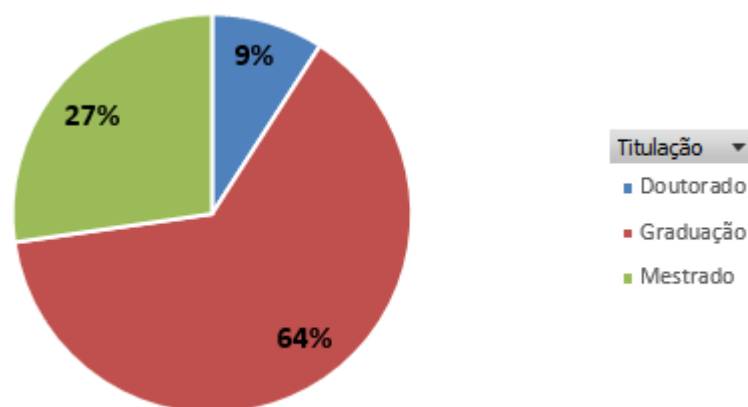


Figura 18: Representação gráfica de distribuição de especialistas por titulação acadêmica.

A distribuição dos especialistas por cargo pode ser vista no gráfico da Figura 19:

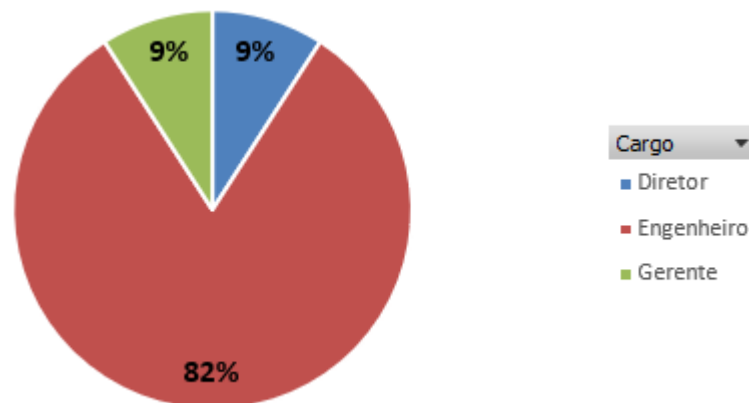


Figura 19: Representação gráfica de distribuição de especialistas por cargo ocupado.

Foram utilizadas planilhas, que podem ser vistas nos Apêndices 1, 2 e 3, para registrar as percepções dos especialistas em relação aos fatores críticos de tecnologia e de localização industrial em construção naval, traduzidas em termos linguísticos (métricas subjetivas). A avaliação (o preenchimento da planilha) foi realizada por cada especialista descrito acima, com orientação da autora desta pesquisa para evitar deturpações e dúvidas.

Tabela 8: Opiniões dos especialistas.

Fatores de Localização Industrial dos Estaleiros												
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	
1.	Em relação a Estrutura Principal:											
1.1	Sobre a quantidade de mão de obra	PR	CR	CR	RM	CR	BR	CR	CR	CR	RM	PR
1.2	Sobre a construção por blocos	BR	BR	CR	BR	CR	CR	CR	BR	RM	CR	CR
1.3	Sobre o portfólio do estaleiro, ser especializado	NR	BR	BR	RM	CR	CR	CR	RM	RM	RM	BR
1.4	Sobre a preocupação com proteção ambiental	PR	BR	CR	PR	BR	PR	BR	BR	BR	CR	BR
1.5	Sobre a qualificação da mão de obra	PR	RM	CR	BR	BR	CR	CR	CR	BR	CR	CR
1.6	Sobre o grau de automação e robótica	RM	CR	CR	BR	BR	BR	CR	CR	BR	BR	CR
2.	Em relação a Movimentação de Carga:											
2.1	Sobre a capacidade dos guindastes	CR	BR	CR	BR	RM	CR	CR	PR	CR	BR	CR
2.2	Sobre o controle do tempo de movimentação de carga	PR	RM	CR	CR	BR	BR	CR	PR	BR	BR	BR
3.	Em relação ao Processamento do Aço:											
3.1	Sobre as oficinas de aço e acabamentos separadas ou integradas	PR	RM	CR	RM	RM	RM	CR	RM	BR	RM	BR
3.2	Sobre o controle do tempo de montagem dos blocos	PR	RM	CR	CR	BR	BR	CR	PR	BR	CR	CR
4.	Em relação a Informatização:											
4.1	Sobre a integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	RM	BR	CR	CR	CR	BR	CR	BR	BR	BR	RM
4.2	Sobre o uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão de obra	PR	BR	CR	BR	PR	BR	CR	CR	RM	BR	CR
5.	Fatores de Localização Industrial dos Estaleiros											
5.1	Sobre elementos vinculados ao ciclo de produção	PR	RM	BR	BR	BR	RM	BR	RM	BR	BR	RM
5.2	Sobre elementos relativos ao transporte	RM	RM	BR	BR	BR	RM	CR	BR	CR	BR	RM
5.3	Sobre serviços de interesse industrial	PR	RM	BR	RM	BR	RM	CR	PR	RM	BR	BR
5.4	Sobre integração industrial	PR	BR	BR	BR	CR	BR	CR	BR	RM	BR	BR
5.5	Sobre disponibilidade de mão-de-obra	PR	RM	BR	CR	CR	CR	CR	CR	BR	BR	CR
5.6	Sobre energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	CR	CR	CR	CR	RM	CR	CR	BR	CR	CR	RM
5.7	Sobre água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	CR	CR	BR	BR	RM	BR	CR	BR	CR	CR	RM
5.8	Sobre condições gerais de vida para a população	PR	CR	RM	RM	RM	RM	RM	CR	BR	CR	CR
5.9	Sobre elementos do clima e características do solo	BR	RM	BR	PR	PR	BR	RM	PR	RM	RM	BR
5.10	Sobre outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	RM	PR	BR	PR	PR	BR	CR	RM	RM	RM	BR

- **Fase 3: Determinação do grau de importância dos especialistas.**

Para esta fase, foram coletados os dados dos especialistas, que podem ser vistos no Apêndice 1. Esta ferramenta de coleta é um questionário adaptado (Q) de Grecco (2012) com questões fechadas, para o efeito de diferenciação dos elementos subjetivos quantitativamente.

A ferramenta de registro consiste em duas questões-base para uso no modelo. As questões (q) e seus respectivos graus de importância padronizados foram desenvolvidos com o objetivo de alcançar o grau de importância de cada especialista tendo em conta o conhecimento, a produção científica e a experiência profissional no campo de construção naval, notadas em questões complementares.

A Tabela 9 mostra o cálculo dos dados coletados pelos especialistas. O total de pontos do questionário de cada especialista, tQ_i , multiplicado pelo peso da titulação e pelo peso do cargo, a soma então dos graus de importância de cada questão (q) e o grau

de importância de cada especialista, GIE_i , calculado com base na equação 4.1, etapa 3 do item 4.2 desta pesquisa. A Figura 20 mostra a representação gráfica dos graus de importância dos especialistas.

Como mostrado na Tabela 9 e na Figura 20, o especialista 1 e o 4 são os que tem maior grau de importância (ambos com 0,1333).

Tabela 9: Conferência dos dados coletados dos especialistas.

E_i	$q1^*$ peso título	$q2^*$ peso cargo	tQ	GIE_i
1	3	1	4	0,1333
2	1	2	3	0,1000
3	1	1	2	0,0667
4	1	3	4	0,1333
5	1	1	2	0,0667
6	2	1	3	0,1000
7	2	1	3	0,1000
8	1	1	2	0,0667
9	2	1	3	0,1000
10	1	1	2	0,0667
11	1	1	2	0,0667
Total			30	1,0000

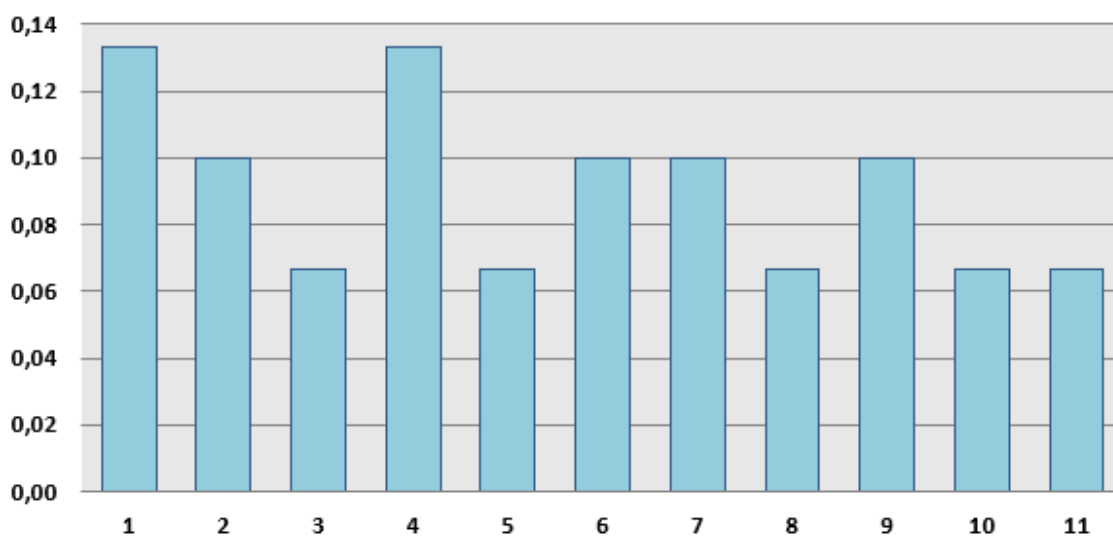


Figura 20: Representação gráfica dos graus de importância dos especialistas

- **Fase 4: Escolha dos termos linguísticos e das funções de pertinência**

Nesta etapa foram utilizados os termos linguísticos e as funções de pertinências apresentadas na Figura 15 e na Tabela 2 no Capítulo 4.

- **Fase 5: Determinação do grau de importância dos fatores críticos.**

Foi determinado o grau de importância dos fatores críticos para o processo, utilizando uma planilha que pode ser observada no Apêndice 2. Esta planilha foi preenchida pelos especialistas com os termos linguísticos, caracterizada pelos números *fuzzy* triangulares na Tabela 2. A planilha foi comentada por todos os especialistas e explicada em detalhes para evitar dúvidas sobre seu preenchimento.

- **Fase 6: Tratamento dos dados coletados dos especialistas.**

Para exemplificação, nesta fase são demonstrados os cálculos da avaliação do fator crítico “Pátio com equipamentos, sistemas e suas tecnologias” do conceito “Movimentação de Carga”.

- **Fase 6.1: Cálculo do grau de concordância entre opiniões.**

O cálculo do grau de concordância, GC_{ij} , entre os especialistas E_i e E_j , foi conseguido pela Equação 3.2, isto é, da razão entre a área de interseção das funções de pertinência correspondentes aos termos linguísticos (Tabela 11), utilizados no julgamento dos fatores, por esses especialistas (Tabela 10), e a área de união dessas mesmas funções de pertinência (Tabela 12).

Tabela 10: Termos linguísticos usados pelos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

2.2. Controle do tempo de movimentação de carga					
Especialista	Termo Linguístico	Números Fuzzy (Ñ)			Área Ñ
1	PR	0,0	1,0	2,0	1,00
2	RM	1,0	2,0	3,0	1,00
3	CR	3,0	4,0	4,0	1,00
4	CR	3,0	4,0	4,0	1,00
5	BR	2,0	3,0	4,0	1,00
6	BR	2,0	3,0	4,0	1,00
7	CR	3,0	4,0	4,0	0,50
8	PR	0,0	1,0	2,0	1,00
9	BR	2,0	3,0	4,0	1,00
10	BR	2,0	3,0	4,0	1,00
11	BR	2,0	3,0	4,0	0,50

Tabela 11: Valores da área de interseção das opiniões dos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Opiniões	PR	RM	CR	CR	BR	BR	CR	PR	BR	BR	BR
PR	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
RM	0,25	1,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25
CR	0,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,00	0,25	0,25	0,25
CR	0,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,00	0,25	0,25	0,25
BR	0,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00
CR	0,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,00	0,25	0,25	0,25
PR	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
BR	0,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 12: Valores da área de união das opiniões dos especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Opiniões	PR	RM	CR	CR	BR	BR	CR	PR	BR	BR	BR
PR	1,00	1,75	1,50	1,50	2,00	2,00	1,50	1,00	2,00	2,00	2,00
RM	1,75	1,00	1,50	1,50	1,75	1,75	1,50	1,75	1,75	1,75	1,75
CR	1,50	1,50	0,50	0,50	1,25	1,25	0,50	1,50	1,25	1,25	1,25
CR	1,50	1,50	0,50	0,50	1,25	1,25	0,50	1,50	1,25	1,25	1,25
BR	2,00	1,75	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00
BR	2,00	1,75	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00
CR	1,50	1,50	0,50	0,50	1,25	1,25	0,50	1,50	1,25	1,25	1,25
PR	1,00	1,75	1,50	1,50	2,00	2,00	1,50	1,00	2,00	2,00	2,00
BR	2,00	1,75	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00
BR	2,00	1,75	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00
BR	2,00	1,75	1,25	1,25	1,00	1,00	1,25	2,00	1,00	1,00	1,00

- **Fase 6.2: Construção da matriz de concordância.**

Após calculados todos os graus de concordância, GC_{ij} , entre cada par de especialistas E_i e E_j , foi gerada a matriz de concordância, MC, representada na Tabela 13.

Tabela 13: Matriz de concordância entre os especialistas na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Ei/Ej	PR	RM	CR	CR	BR	BR	CR	PR	BR	BR	BR
PR	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
RM	0,14	1,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,14	0,14	0,14	0,14
CR	0,00	0,00	1,00	1,00	0,20	0,20	1,00	0,00	0,20	0,20	0,20
CR	0,00	0,00	1,00	1,00	0,20	0,20	1,00	0,00	0,20	0,20	0,20
BR	0,00	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	1,00
CR	0,00	0,00	1,00	1,00	0,20	0,20	1,00	0,00	0,20	0,20	0,20
PR	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
BR	0,00	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	1,00
BR	0,00	0,14	0,20	0,20	1,00	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	1,00

- **Fase 6.3: Cálculo da concordância relativa.**

Através dos dados gerados da matriz de concordância, calculou-se a concordância relativa (CR_i) de cada especialista envolvido na avaliação pela Equação 4.3 para o especialista 1, por exemplo, tem-se:

$$CR_1 = \sqrt{\frac{1}{11-1} * (1,00^2 + 0,02^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 1,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2)} = 0,4495$$

A Tabela 14 apresenta os valores da concordância relativa de cada especialista.

Tabela 14: Valores da concordância relativa de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Especialistas	CRi
1	0,4495
2	0,3381
3	0,5657
4	0,5657
5	0,7170
6	0,7170
7	0,5657
8	0,4495
9	0,7170
10	0,7170
11	0,7170

- **Fase 6.4: Cálculo do grau de concordância relativa.**

O grau de concordância relativa (GCR_k), de cada especialista, em relação aos demais especialistas, foi obtido pela Equação 4.4 Para o especialista 1, por exemplo, tem-se:

$$GCR_1 = \frac{0,4495}{6,5189} = 0,0690$$

A Tabela 15 apresenta os valores do grau de concordância relativa de cada especialista.

Tabela 15: Valores do grau de concordância relativa de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Especialistas	GCR _k
1	0,0690
2	0,0519
3	0,0868
4	0,0868
5	0,1100
6	0,1100
7	0,0868
8	0,0690
9	0,1100
10	0,1100
11	0,1100

- **Fase 6.5: Cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas.**

O coeficiente de consenso de cada especialista (CCE_k), levando em conta tanto o grau de concordância relativa (GCR_k), quanto o grau de importância do especialista (GIE_k) foi obtido pela Equação 4.5 para o especialista 1, por exemplo, tem-se:

$$CCE_1 = \frac{0,0690 * 0,1333}{0,0890} = 0,1033$$

A Tabela 16 apresenta os valores do coeficiente de consenso de cada especialista.

Tabela 16: Valores do coeficiente de consenso de cada especialista na avaliação do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

Especialistas	CCE _k
1	0,1033
2	0,0583
3	0,0650
4	0,1300
5	0,0824
6	0,1236
7	0,0975
8	0,0516
9	0,1236
10	0,0824
11	0,0824

- **Fase 6.6: Determinação do valor *fuzzy* do fator “Pátio com equipamentos, sistemas e suas tecnologias”**

O resultado da avaliação do fator crítico “Controle do tempo de movimentação de carga”, relativo ao conceito qualitativo de tecnologia “Movimentação de Carga”, é tido por N , calculado pela Equação 4.6, um número *fuzzy* triangular.

$$N = \{[0,1033 * n_1] + \dots + [0,0824 * n_{11}]\}$$

$$N = \{[(0,1033 * 0,00) + \dots + (0,0824 * 2,00)];$$

$$[(0,1033 * 1,00) + \dots + (0,0824 * 3,00)];$$

$$[(0,1033 * 2,00) + \dots + (0,0824 * 4,00)]$$

$$N = (1,92; 2,92; 3,63)$$

Este número *fuzzy* N é representado na Figura 21.

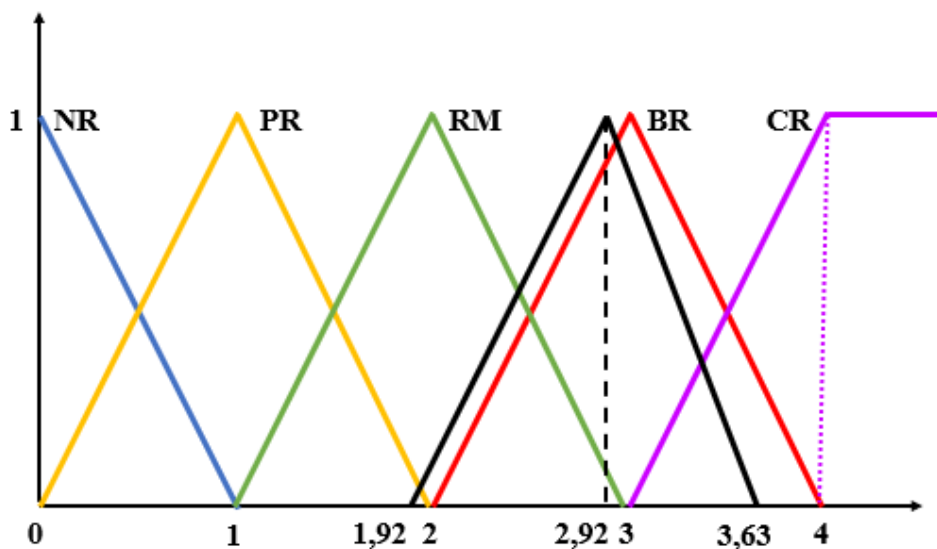


Figura 21: Função de pertinência do fator “Controle do tempo de movimentação de carga” do conceito “Movimentação de Carga”.

A Tabela 17 apresentada na fase 7 a seguir, demonstrará o resultado da avaliação de todos os fatores críticos usados nesta aplicação.

Fase 7: Estabelecimento do padrão de priorização qualitativa em construção naval

O padrão de priorização qualitativa em construção naval foi gerado calculando-se o grau de importância de cada fator crítico que integra os conceitos linguísticos/qualitativos de tecnologia e de localização industrial. A importância de cada fator crítico (GIFi) é calculada normalizando os valores *crisp* desses fatores, usando a equação 4.7.

A Tabela 17 mostra a avaliação dos fatores para cada conceito qualitativo em construção naval considerados nesta pesquisa. Os valores do grau de importância de cada fator crítico (GIF) formam um padrão de priorização (conjunto *fuzzy*) para a melhora no desempenho em construção naval, sob a perspectiva de variáveis qualitativas. É assim, então, que temos uma referência para avaliar a escala de priorização de variáveis qualitativas mais importantes em uma organização de construção naval e sua melhora em desempenho.

A Tabela 17 demonstra os valores em ordem decrescente de grau de importância desses fatores, a priorização dos fatores críticos.

Tabela 17: Avaliação dos fatores críticos no contexto de construção naval brasileiro

Fatores Críticos de tecnologia em construção naval				Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia (GIFs)	Importância Normalizada Global (GIFg)
Estrutura Principal				a	b	c			
1.1. Quantidade de mão de obra				2,19	3,19	3,55	0,915	0,893	0,836
1.2. Construção por blocos				2,49	3,49	3,95	1,000	0,976	0,913
1.3. Portfólio do estaleiro, ser especializado				1,70	2,62	3,35	0,751	0,733	0,686
1.4. Preocupação com proteção ambiental				1,48	2,48	3,39	0,711	0,694	0,650
1.5. Qualificação da mão de obra				2,40	3,40	3,81	0,976	0,952	0,891
1.6. Grau de automação e robótica				2,36	3,36	3,93	0,964	0,941	0,881
Movimentação de Carga				Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia	Importância Normalizada Global (GIFg)
				a	b	c			
2.1. Capacidade dos guindastes				2,58	3,58	3,90	1,000	1,000	0,936
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga				1,92	2,92	3,63	0,818	0,818	0,766
Processamento do Aço				Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia	Importância Normalizada Global (GIFg)
				a	b	c			
3.3. Oficinas de aço e acabamentos integradas				1,30	2,30	3,18	0,727	0,644	0,603
3.2. Controle do tempo de montagem dos blocos				2,17	3,17	3,64	1,000	0,885	0,829
Informatização				Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia	Importância Normalizada Global (GIFg)
				a	b	c			
4.1. Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM				2,23	3,23	3,86	1,000	0,903	0,845
4.2. Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra				1,97	2,97	3,63	0,919	0,829	0,776
Fatores Críticos de localização industrial em construção naval				Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)	Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia	Importância Normalizada Global (GIFg)
				a	b	c			
5.1. Elementos vinculados ao ciclo de produção				1,55	2,55	3,55	0,668		0,668
5.2. Elementos relativos ao transporte				1,75	2,75	3,60	0,719		0,719
5.3. Serviços de interesse industrial				1,26	2,26	3,20	0,591		0,591
5.4. Integração industrial				1,94	2,94	3,82	0,770		0,770
5.5. Disponibilidade de mão-de-obra				2,48	3,48	3,81	0,910		0,910
5.6. Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)				2,82	3,82	3,93	1,000		1,000
5.7. Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)				2,45	3,45	3,91	0,904		0,904
5.8. Condições gerais de vida para a população				1,62	2,62	3,30	0,686		0,686
5.9. Elementos do clima e características do solo				1,14	2,14	3,14	0,560		0,560
5.10. Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial				1,05	2,05	3,00	0,538		0,538

5.2 Análises dos resultados

Nesta pesquisa duas questões qualitativas foram foco, o olhar do ponto de vista da tecnologia envolvida no estaleiro e sua localização industrial. Devido à pouca literatura que consiga processar esses aspectos linguísticos, utilizou-se um método fundamentado em lógica *fuzzy* para analisar essas duas questões, objetivo principal da pesquisa.

As questões tecnologia e localização industrial nesta pesquisa serão apresentadas em análise setorial, abordando uma grande questão por vez. Como também em análise global, considerando ambas. O grau de importância, depois de ranqueado, nos traz como resultado na pesquisa o padrão de priorização dos fatores críticos mais importantes.

O problema deve sempre ser estruturado em níveis hierárquicos para permitir uma melhor avaliação e um melhor entendimento. Uma priorização é uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e de seus efeitos no sistema geral, o que também facilita o processo do pensamento humano.

As prioridades de um critério em relação a outro ou de uma alternativa em relação a outra são determinadas por comparações entre pares baseadas na observação de um especialista que determina a importância relativa entre as duas.

No que toca à análise setorial, a Tabela 18 e a Figura 22 apresentam em ordem decrescente a análise do ponto de vista da tecnologia, onde temos o grau de importância setorial pelas grandes etapas-padrão de produção citado no item 3.5 e uma análise geral de tecnologia.

Tabela 18: Valores em ordem decrescente de grau de importância setorial pelas grandes etapas-padrão de produção em tecnologia dos fatores críticos – Padrão de priorização setorial de tecnologia

Fatores Críticos de tecnologia em construção naval	Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)
	a	b	c	
Estrutura Principal				
Construção por blocos	2,49	3,49	3,95	1,000
Qualificação da mão de obra	2,40	3,40	3,81	0,976
Grau de automação e robótica	2,36	3,36	3,93	0,964
Quantidade de mão de obra	2,19	3,19	3,55	0,915
Portfólio do estaleiro, ser especializado	1,70	2,62	3,35	0,751
Preocupação com proteção ambiental	1,48	2,48	3,39	0,711
Movimentação de Carga				
Número Fuzzy				
	a	b	c	Importância Normalizada Setorial (GIFs)
Capacidade dos guindastes	2,58	3,58	3,90	1,000
Controle do tempo de movimentação de carga	1,92	2,92	3,63	0,818
Processamento do Aço				
Número Fuzzy				
	a	b	c	Importância Normalizada Setorial (GIFs)
Controle do tempo de montagem dos blocos	2,17	3,17	3,64	1,000
Oficinas de aço e acabamentos integradas	1,30	2,30	3,18	0,727
Informatização				
Número Fuzzy				
	a	b	c	Importância Normalizada Setorial (GIFs)
Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	2,23	3,23	3,86	1,000
Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	1,97	2,97	3,63	0,919

Tabela 19: Valores em ordem decrescente de grau de importância geral em tecnologia dos fatores críticos – Padrão de priorização de tecnologia

Fatores Críticos de tecnologia em construção naval		Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial Geral de Tecnologia (GIFs)
		a	b	c	
Movimentação de Carga	Capacidade dos guindastes	2,58	3,58	3,90	1,000
Estrutura Principal	Construção por blocos	2,49	3,49	3,95	0,976
Estrutura Principal	Qualificação da mão de obra	2,40	3,40	3,81	0,952
Estrutura Principal	Grau de automação e robótica	2,36	3,36	3,93	0,941
Informatização	Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	2,23	3,23	3,86	0,903
Estrutura Principal	Quantidade de mão de obra	2,19	3,19	3,55	0,893
Processamento do Aço	Controle do tempo de montagem dos blocos	2,17	3,17	3,64	0,885
Informatização	Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	1,97	2,97	3,63	0,829
Movimentação de Carga	Controle do tempo de movimentação de carga	1,92	2,92	3,63	0,818
Estrutura Principal	Portfólio do estaleiro, ser especializado	1,70	2,62	3,35	0,733
Estrutura Principal	Preocupação com proteção ambiental	1,48	2,48	3,39	0,694
Processamento do Aço	Oficinas de aço e acabamentos integradas	1,30	2,30	3,18	0,644

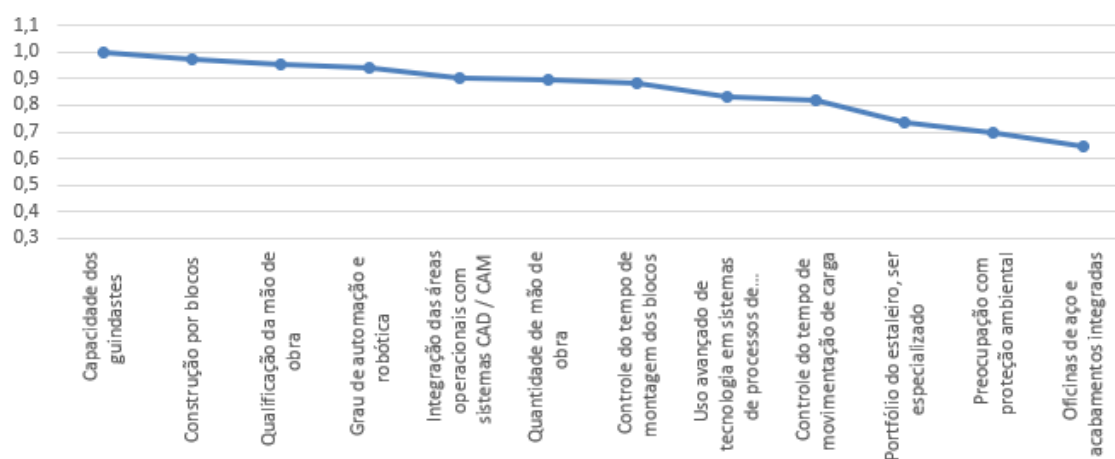


Figura 22: Padrão de priorização de variáveis qualitativas por tecnologia

No que se refere à análise setorial, a Tabela 20 e a Figura 23 apresentam em ordem decrescente a análise do ponto-de-vista da localização industrial, onde temos o grau de importância setorial dos respectivos fatores críticos de localização industrial, citado no item 3.6.

Tabela 20: Valores em ordem decrescente de grau de importância geral em localização industrial dos fatores críticos – Padrão de priorização de localização industrial

Fatores Críticos de localização industrial em construção naval	Número Fuzzy			Importância Normalizada Setorial (GIFs)
	a	b	c	
Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	2,82	3,82	3,93	1,000
Disponibilidade de mão-de-obra	2,48	3,48	3,81	0,910
Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	2,45	3,45	3,91	0,904
Integração industrial	1,94	2,94	3,82	0,770
Elementos relativos ao transporte	1,75	2,75	3,60	0,719
Condições gerais de vida para a população	1,62	2,62	3,30	0,686
Elementos vinculados ao ciclo de produção	1,55	2,55	3,55	0,668
Serviços de interesse industrial	1,26	2,26	3,20	0,591
Elementos do clima e características do solo	1,14	2,14	3,14	0,560
Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	1,05	2,05	3,00	0,538

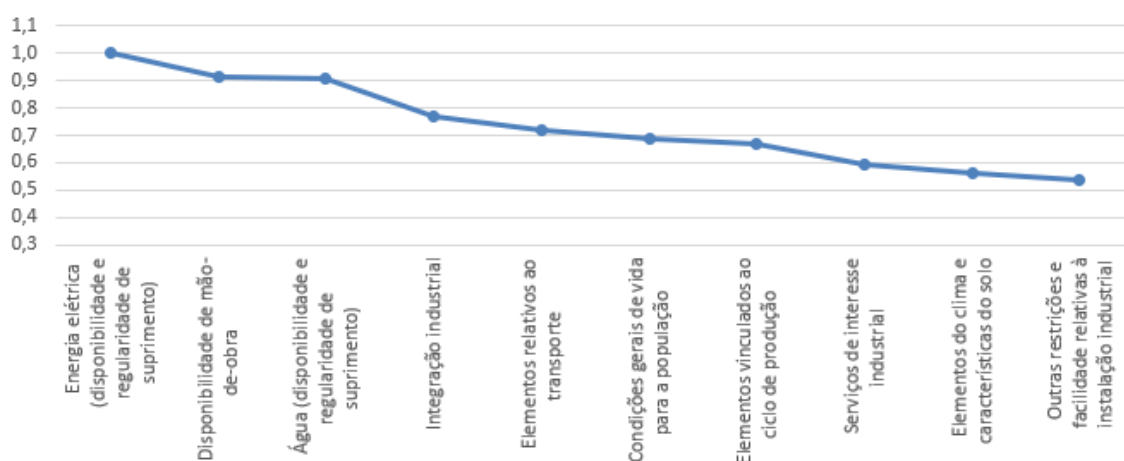


Figura 23: Padrão de priorização de variáveis qualitativas por localização industrial

Em relação à análise global das duas grandes questões qualitativas em construção naval, tecnologia e localização temos a seguinte ordem decrescente dos graus de importância, onde o padrão de priorização do modelo proposto, objetivo desta pesquisa, é alcançado e apresentado na Tabela 21 e Figura 24.

Tabela 21: Valores em ordem decrescente de grau de importância global dos fatores críticos qualitativos – Padrão de priorização qualitativa em construção naval

Padrão de priorização qualitativa em construção naval			Número Fuzzy			Importância Normalizada Global (GIFg)
			a	b	c	
Localização		Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	2,82	3,82	3,93	1,000
Tecnologia	Movimentação de Carga	Capacidade dos guindastes	2,58	3,58	3,90	0,936
Tecnologia	Estrutura Principal	Construção por blocos	2,49	3,49	3,95	0,913
Localização		Disponibilidade de mão-de-obra	2,48	3,48	3,81	0,910
Localização		Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	2,45	3,45	3,91	0,904
Tecnologia	Estrutura Principal	Qualificação da mão de obra	2,40	3,40	3,81	0,891
Tecnologia	Estrutura Principal	Grau de automação e robótica	2,36	3,36	3,93	0,881
Tecnologia	Informatização	Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	2,23	3,23	3,86	0,845
Tecnologia	Estrutura Principal	Quantidade de mão de obra	2,19	3,19	3,55	0,836
Tecnologia	Processamento do Aço	Controle do tempo de montagem dos blocos	2,17	3,17	3,64	0,829
Tecnologia	Informatização	Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	1,97	2,97	3,63	0,776
Localização		Integração industrial	1,94	2,94	3,82	0,770
Tecnologia	Movimentação de Carga	Controle do tempo de movimentação de carga	1,92	2,92	3,63	0,766
Localização		Elementos relativos ao transporte	1,75	2,75	3,60	0,719
Tecnologia	Estrutura Principal	Portfólio do estaleiro, ser especializado	1,70	2,62	3,35	0,686
Localização		Condições gerais de vida para a população	1,62	2,62	3,20	0,686
Localização		Elementos vinculados ao ciclo de produção	1,55	2,55	3,55	0,668
Tecnologia	Estrutura Principal	Preocupação com proteção ambiental	1,48	2,48	3,39	0,650
Tecnologia	Processamento do Aço	Oficinas de aço e acabamentos integradas	1,30	2,30	3,18	0,603
Localização		Serviços de interesse industrial	1,26	2,26	3,20	0,591
Localização		Elementos do clima e características do solo	1,14	2,14	3,14	0,560
Localização		Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	1,05	2,05	3,00	0,538

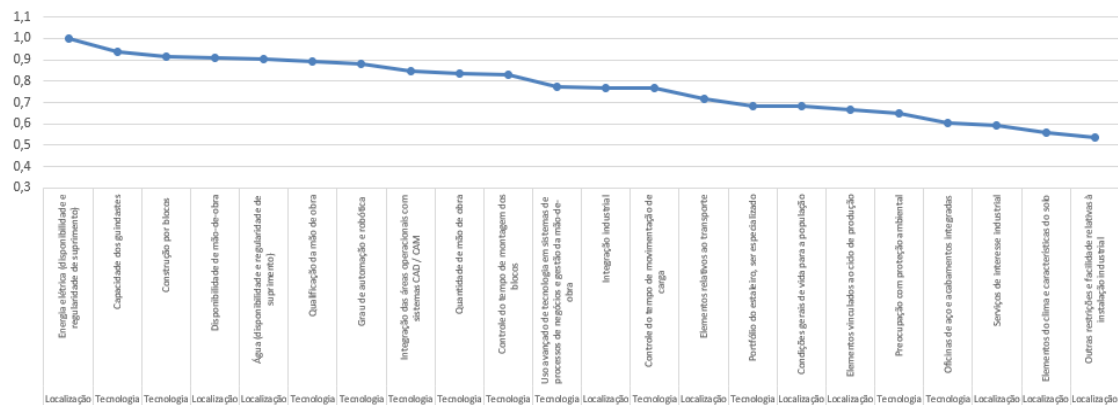


Figura 24: Padrão de priorização de variáveis qualitativas em construção naval.

Para esta pesquisa a análise do resultado da priorização do modelo proposto ponto a ponto adotada é equivalente a fazer um corte- α robusto (*strong α -cut*), com $\alpha = 0,8$. Baseia-se no modelo COPPE-Cosenza, onde se verifica que os valores têm suas representatividades em pertinências dadas por especialistas que naturalmente tem dificuldades de atribuir valores cruciais e/ou bastante superiores, suas reais distâncias. Simplifica-se a aproximação através de um α -cut = 0,8, para equilibrar desvios que em geral ocorrem no dimensionamento dos fatores gerais, normalizando-se dentro da estrutura modelar (COSENZA, 2005).

Utilizando então o $\alpha\text{-cut}= 0,8$ (reta em vermelho), tem-se como resultado desta pesquisa os 10 fatores críticos (linha em azul) apontados na Figura 25 abaixo em escala de maior priorização para menor. Deste resultado do modelo proposto da pesquisa, cada fator será analisado logo a seguir.

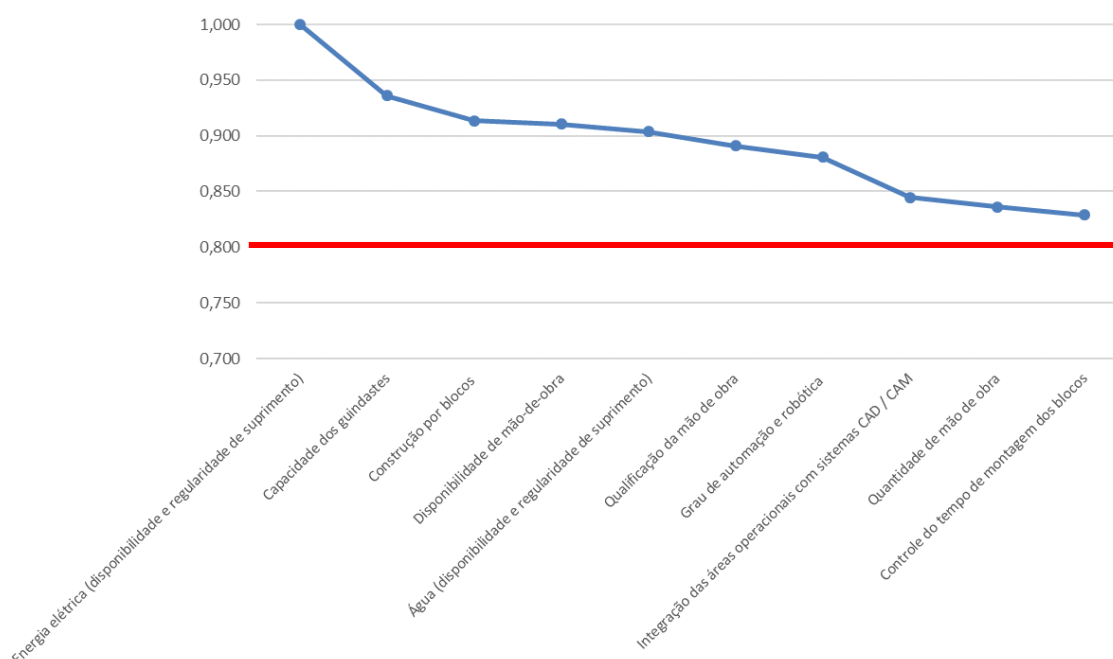


Figura 25: Padrão de priorização de variáveis qualitativas em construção naval com $\alpha\text{-cut}$

1- Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)

O setor industrial é o maior consumidor brasileiro de energia. Não é por acaso que o fornecimento de energia é um dos serviços que mais ameaçam o parque industrial brasileiro. As falhas, mesmo que temporárias, causam grandes perdas. Assegurar a disponibilidade de energia elétrica a preços competitivos é um fator extremamente importante para empresas que necessitam de muita energia elétrica em seus processos de produção, como a indústria de construção naval (PEINADO e GRAEML, 2007).

Os sistemas necessários nas carreiras e diques incluem fogo, água doce, fornecimento de oxiacetileno, ar comprimido e 110 volts, 220 volts e 440 volts. Nesta

indústria de construção naval, uma interrupção elétrica de até 1 minuto pode ser uma paralisia significativa de equipamentos e operações. Para este fator fazem-se fundamentais as inovações tecnológicas, a melhoria do serviço e a geração de melhores preços. A disponibilidade e a regularidade do suprimento de energia não podem ser um obstáculo à expansão e à modernização da tecnologia industrial. O setor elétrico brasileiro deve contribuir para o desenvolvimento industrial do país no futuro.

2- Capacidade dos guindastes

Os guindastes são cruciais para o desempenho de uma unidade de construção naval porque os equipamentos, materiais e sistemas devem ser movidos e levantados durante a montagem. Quanto maior o guindaste em um dique, mais produtivo o estaleiro pode se tornar pela quantidade de aço que pode ser processada (SILVA, 2010).

Os tipos mais usados de guindastes na indústria naval são definidos abaixo por Silva (2010):

- O guindaste pórtico é suportado sobre trilhos. Estes trilhos permitem movimentos em grande escala ao redor do dique, facilitando o levantamento e a movimentação de cargas. Os pórticos podem ser operados via rádio ou ter cabines para o operador.
- O guindaste de lança treliçada é amplamente utilizado na construção de plataformas *offshore*, onde altas cargas em altas altitudes são necessárias.

3- Construção por blocos

Todo o processo de produção de um navio (produção de peças e etapas iniciais da construção até a instalação final nos diques e carreiras) é realizado na área do parque industrial de construção naval.

Podemos subdividir as áreas industriais dos estaleiros em sete locais ou áreas de trabalho normalmente utilizados: processamento de chapas metálicas e perfis; tubo; pintura; mecânica; elétrico/eletrônico; submontagem e montagem.

No processo de submontagem e montagem fecha-se o ciclo estrutural do navio. Nesta área se realizarão a construção das placas (superfícies e curvas) e a montagem dos blocos ou das seções finais. Depois que esses blocos forem construídos, eles serão levados para a oficina de pintura e colocados em áreas no dique para serem montados. O mais importante a se destacar é que os processos de montagem podem variar suas características, dependendo do grau de automação, robótica, terceirização e nível dos equipamentos dos estaleiros (FAVARIN *et al.*, 2009).

No processo de edificação, a união dos blocos por soldagem ocorre em uma ordem predeterminada. Todo o processo ocorre no dique ou carreira do estaleiro, e no panorama brasileiro pórticos com capacidade de até 100 t são usados para mover os blocos e seções (FAVARIN *et al.*, 2009).

4- Disponibilidade de mão de obra

Dentro deste fator crítico da localização industrial inclui-se dois outros fatores críticos de tecnologias: quantidade e qualidade de mão de obra disponível, que estão descritos nos itens 6 e 9 abaixo. Neste fator, será apresentado uma visão macro. Em geral, os custos de mão de obra nas indústrias têm um peso de custo considerável. É por isso que é extremamente vantajoso construir seus negócios em uma região com grande população, porque os salários são mais baixos à medida que mais pessoas ficam disponíveis. Destaca-se que, diretamente associada à quantidade e à qualificação da força de trabalho a sua disponibilidade, neste sentido, é medida pelo índice de desemprego e pela estrutura educacional da região para formação e desenvolvimento profissional, questões como se existem escolas técnicas, universidades e centros de pesquisa próximos à localização industrial (MOREIRA, 2008).

5- Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)

Além de água potável para consumo pela força de trabalho na unidade industrial, é usada também água salgada como trocadores de calor, para resfriamento de equipamentos diversos, como compressores e evaporadores, para sistemas de incêndio de embarcações, testes de equipamentos como caldeiras e corrosões, verificações de vedações, antes do lançamento da embarcação, que ficará submersa, à água. Sem dúvida, de forma evidente, a disponibilidade deste recurso é levada em conta pela necessidade de uma grande quantidade de água para o funcionamento de seus processos de produção (PEINADO e GRAEML, 2007).

6- Qualificação da mão de obra

Com o crescimento da indústria de construção naval, foram criados novos postos de trabalho que não são totalmente disponíveis de forma qualificada, é comum neste setor que as organizações lutem para encontrar profissionais especializados no mercado. Fato que já levou organizações a uma importação de mão de obra. Portanto é importante priorizar a localização industrial de acordo com o nível educacional.

Outro ponto relevante a se destacar, que deveria receber atenção, é a curva de aprendizado/experiência. Estaleiros com portfólio especializado tendem a levar vantagem no desempenho com uma mão de obra mais produtiva. A curva de experiência tem relação com os custos e com a experiência adquirida. O custo médio de uma unidade produtora estará constantemente diminuindo com base na experiência adquirida. A pessoa aprende a fazer as tarefas de maneira melhor e mais eficiente à medida que elas se tornam mais experientes.

7- Grau de automação e robótica

Primeiro, destaque-se que a construção modular por blocos aumentou a capacidade das linhas de processamento de chapas, bem como o desenvolvimento de sistemas de soldagem semi-automáticos de alta qualidade.

A eficiência dos sistemas de produção ao instalar dispositivos e máquinas com controles eletrônicos flexíveis está mudando cada vez mais o eixo competitivo para o gerenciamento. Isso se refere à busca contínua de melhorias de desempenho que vão muito além dos requisitos para um bom produto. Tudo isso está relacionado à inovação (OLAVE e AMATO NETO, 2001).

Em relação às melhorias com a utilização de automação e robótica, o objetivo é criar processos sem erros, aprimorando constantemente os recursos do processo. Ambas possibilitam uma verificação automática de defeitos e incluem os seguintes dispositivos: mecanismos para detectar anomalias ou defeitos e para parar a linha ou a máquina, à medida em que o defeito ocorra. Desta forma, peças defeituosas na linha de produção não passam despercebidas.

Por fim, pode-se destacar o uso de *lean manufacturing*, que apoia o processo de melhoria e desempenho em termos de competitividade neste setor. O objetivo do *lean* é aumentar o desempenho e reduzir custos, evitando operações desnecessárias. Para isso, são necessárias várias equipes de trabalho qualificadas e máquinas altamente flexíveis e automatizadas, que são usadas em todos os níveis da organização.

8- Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM

Ao projetar um navio, deve-se procurar a melhor combinação de suas características técnicas (resistência, flutuabilidade, vedação, resistência mínima e outras). Segundo Gordo *et al.* (2006), as seções de um navio de metal que devem ser consideradas em seu projeto são as seguintes:

Projeto detalhado: Com base no projeto preliminar da embarcação, um projeto detalhado é preparado para determinar a configuração da embarcação e a definição precisa de todos os componentes a serem licitados, fabricados e montados.

Estudo e preparação do trabalho: elaboração da documentação técnica com a qual a execução do trabalho pode ser utilizada no projeto de planejamento, com amplo uso de suporte computacional CAD;

Planejamento: Receber elementos informativos que possibilitam a definição geométrica dos componentes (painéis, reforços); Determinação das dimensões antes das deformações; Implementação de ninhos, onde o uso do material é decidido. Contrapondo-se ao CAD, o CAM está associado ao processo de produção, porém este trabalha com base em modelos matemáticos provenientes do sistema CAD para os processos de máquinas, fornecendo informações de movimentação. De suma relevância para que os componentes e seus conjuntos atendam às especificações nos desenhos de projeto e nas especificações técnicas da embarcação.

9- Quantidade de mão de obra

Para este fator, ressalta-se uma consideração importante para a localização industrial, que é a infraestrutura oferecida aos habitantes da área, determinante para prever a quantidade de mão de obra disponível no local. A existência de uma boa rede de educação, segurança pública, habitação, transporte, hospitais, instalações recreativas, estilos de vida, etc., faz uma diferença positiva para a oferta e a preservação do capital humano. São condições para criar um ambiente seguro ao desenvolvimento organizacional sem onerar em mais custos operacionais para as organizações (CORRÊA e CORRÊA, 2006).

10- Controle do tempo de montagem dos blocos

Na construção por blocos, os mesmos são produzidos na oficina e, ao mesmo tempo, as peças de construção, máquinas e outras redes são produzidas dentro dos blocos e instaladas para que, numa segunda etapa, sejam transportadas para as carreiras ou diques de construção. O desenvolvimento tecnológico nos processos de soldagem e também em termos da capacidade dos guindastes de embarcações permitiu, ao longo do tempo, que a aplicação da construção por blocos ocorresse (GORDO *et al.*, 2006).

Destaque-se que o desenvolvimento do processo de montagem por blocos pode ser feito junto a múltiplas frentes de trabalho, como o de pintura, por exemplo, o que aumenta o desempenho do projeto integrado. Utilizando também conceitos do *lean manufacturing*, como o de controle do tempo, é possível encurtar o tempo de construção de uma embarcação; reduzir os custos; melhorar as condições de trabalho; tornar mais eficaz coordenação de tarefas e melhorar a qualidade, combinada com melhores condições de desempenho (GORDO *et al.*, 2006).

5.3 Aplicação do modelo e a distância da realidade em um exemplo exploratório de unidade de produção específica

A pesquisa alcançou como resultado um padrão, segundo opinião de especialistas obtidas em questionário com termos linguísticos após utilização do método *fuzzy* no tratamento dessas percepções por matrizes de concordância, gerando, então, o Padrão de Priorização Qualitativa em Construção Naval. Trata-se de um modelo que poderia ser aplicado em qualquer organização, de qualquer setor, que objetive mensurar aspectos do pensamento humano, as percepções de qualidade que são subjetivas e individuais, para tomadas de decisões embasadas em dados técnicos e não apenas em “*feelings*” ou “sentimentos” dos gestores.

Uma vez alcançado o objetivo do padrão de priorização, foi aplicado este modelo especialista em uma unidade de construção naval específica, um estaleiro localizado no

estado do Rio de Janeiro. A aplicação foi movida pela resposta de um especialista atuante na unidade sobre o grau de atendimento dos fatores críticos em seu local de trabalho específico, em comparação ao padrão de priorização do modelo. Este especialista participou do processo anterior, da construção do modelo, porém a pergunta-chave mudou: ao invés de analisar qual a sua percepção de relevância dos fatores críticos no contexto brasileiro, foi solicitado que avaliasse se os elementos elencados como fatores críticos de tecnologia e de localização industrial estão presentes no local de atuação (a planta do estaleiro).

Os resultados da percepção do especialista foram comparados com o padrão de priorização qualitativa em construção naval estabelecido no item anterior, resultando, então, em graus de atendimento ao padrão, com finalidade de avaliar o desempenho dos fatores críticos presentes na unidade de construção naval. Esses graus mensuram quanto o estaleiro atinge, percentualmente, o padrão ideal estabelecido, que tem índice igual a 1. As fases da aplicação do método são demonstradas a seguir:

- **Fase 1: Escolha dos termos linguísticos e funções de pertinência**

Nesta fase, para avaliar os graus de atendimento dos fatores críticos de tecnologia e de localização industrial em construção naval propõe-se a utilização dos seguintes termos linguísticos: discordo totalmente (DT); discordo parcialmente (DP); não concordo, nem discordo (NCND); concordo parcialmente (CP) e concordo totalmente (CT). Estes termos linguísticos foram utilizados como medidas de avaliação do comportamento organizacional por Grecco (2012) e por este motivo são empregados nesta fase da pesquisa.

Os termos linguísticos são representados por números *fuzzy* triangulares, denotando assim o grau de atendimento de cada indicador considerado. A Figura 26 e a Tabela 22 mostram os termos linguísticos representados por números *fuzzy*, com suas funções de pertinência adaptadas de Lee (1996).

Tabela 22: Números *fuzzy* para termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento

Grau de Atendimento	Simbologia	Termo Linguístico	Número fuzzy traingular		
			N ₁	N ₂	N ₃
0,00	DT	Discordo totalmente	0,00	0,00	0,00
0,25	DP	Discordo parcialmente	0,00	0,25	0,50
0,50	NCND	Não concordo, nem discordo	0,25	0,50	0,75
0,75	CP	Concordo parcialmente	0,50	0,75	1,00
1,00	CT	Concordo totalmente	0,75	1,00	1,00

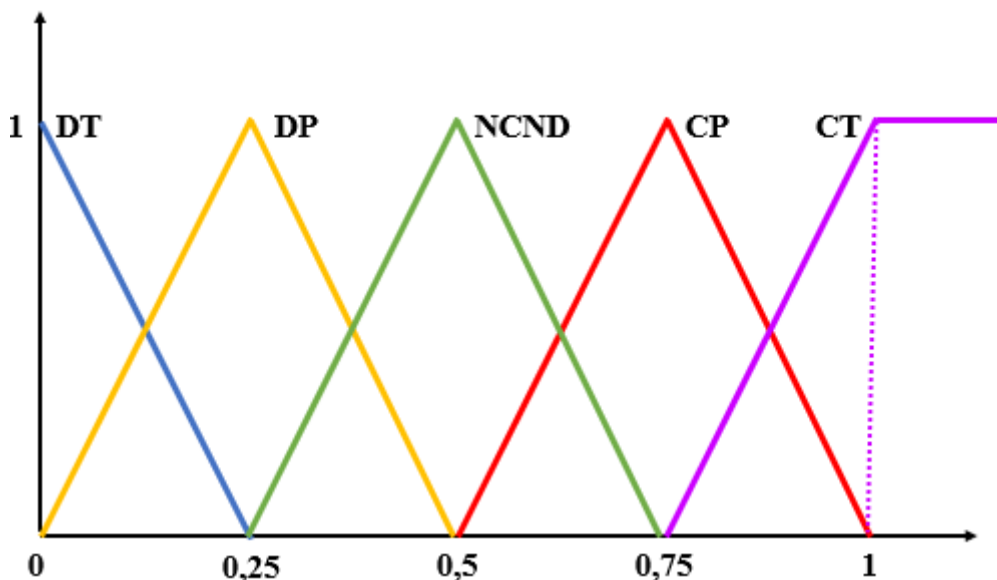


Figura 26: Funções de pertinência dos números *fuzzy* para termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento

- **Fase 2: Julgamento dos fatores críticos na unidade de construção naval**

Nesta fase foi utilizada uma planilha (Apêndice 4), elaborada com base nos fatores críticos, para registrar a opinião do especialista sobre a unidade de construção naval em que atua. Essas opiniões, interpretadas como termos linguísticos, foram as avaliações da presença dos fatores críticos na planta, isto é, o resultado foi o grau de atendimento de cada um dos fatores ao padrão de priorização. O resultado desta avaliação é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – Resultado da Avaliação dos Fatores Críticos pelo Especialista

Fatores Críticos	Especialista
Em relação à Tecnologia na Estrutura Principal os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
1.1. Quantidade de mão de obra	NCND
1.2. Construção por blocos	CP
1.3. Portfólio do estaleiro, ser especializado	CP
1.4. Preocupação com proteção ambiental	CP
1.5. Qualificação da mão de obra	CP
1.6. Grau de automação e robótica	CP
Em relação à Tecnologia na Movimentação de Carga os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
2.1. Capacidade dos guindastes	NCND
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga	NCND
Em relação à Tecnologia no Processamento do Aço os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
3.3. Oficinas de aço e acabamentos integradas	CP
3.2. Controle do tempo de montagem dos blocos	NCND
Em relação à Tecnologia na Informatização os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
4.1. Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	CP
4.2. Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	NCND
Em relação Localização Industrial os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
5.1. Elementos vinculados ao ciclo de produção	CP
5.2. Elementos relativos ao transporte	CP
5.3. Serviços de interesse industrial	NCND
5.4. Integração industrial	DP
5.5. Disponibilidade de mão-de-obra	NCND
5.6. Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	CP
5.7. Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	CP
5.8. Condições gerais de vida para a população	CP
5.9. Elementos do clima e características do solo	DP
5.10. Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	DP

- **Fase 3: Tratamento dos dados coletados.**

Cada termo linguístico empregado nesta avaliação foi representado por um número *fuzzy* triangular (Figura 26), que foi convertido em um formato numérico, um grau de atendimento (Tabela 22) que corresponde ao valor com grau de pertinência igual a 1.

A Tabela 24 demonstra os graus de atendimento dos fatores críticos, de acordo com a opinião do especialista.

Tabela 24 – Valores Fuzzy dos graus de atendimento dos fatores críticos, conforme a opinião do especialista.

Fatores Críticos	Valores Fuzzy
Em relação à Tecnologia na Estrutura Principal os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
1.1. Quantidade de mão de obra	0,5
1.2. Construção por blocos	0,75
1.3. Portfólio do estaleiro, ser especializado	0,75
1.4. Preocupação com proteção ambiental	0,75
1.5. Qualificação da mão de obra	0,75
1.6. Grau de automação e robótica	0,75
Em relação à Tecnologia na Movimentação de Carga os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
2.1. Capacidade dos guindastes	0,5
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga	0,5
Em relação à Tecnologia no Processamento do Aço os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
3.3. Oficinas de aço e acabamentos integradas	0,75
3.2. Controle do tempo de montagem dos blocos	0,5
Em relação à Tecnologia na Informatização os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
4.1. Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	0,75
4.2. Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	0,5
Em relação Localização Industrial os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
5.1. Elementos vinculados ao ciclo de produção	0,75
5.2. Elementos relativos ao transporte	0,75
5.3. Serviços de interesse industrial	0,5
5.4. Integração industrial	0,25
5.5. Disponibilidade de mão-de-obra	0,5
5.6. Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	0,75
5.7. Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	0,75
5.8. Condições gerais de vida para a população	0,75
5.9. Elementos do clima e características do solo	0,25
5.10. Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	0,25

- **Fase 4: Defuzzificação.**

A finalidade desta fase é obter um grau de atendimento dos fatores críticos presentes na unidade de construção naval específica em relação ao padrão de priorização destas variáveis qualitativas. O quanto estaria distante a realidade da unidade de construção naval do que seria o padrão para melhores desempenhos.

A Tabela 24 demonstra os valores *fuzzy* dos graus de atendimento dos fatores, de acordo com a opinião do especialista. Considerando os valores apresentados na Tabela 24 e os valores do grau de importância dos fatores (Tabela 21), calcularam-se, por meio

do método do centro de área (Equação 5.1), os valores dos graus de atendimento da unidade de construção naval específica em relação ao objeto desta pesquisa – o modelo de padrão de priorização de variáveis qualitativas. Esses valores são apresentados na Tabela 25.

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^k GIF_j * a_j}{\sum_{j=1}^k GIF_j} \quad (5.1)$$

Onde:

A_i = grau de atendimento de atendimento da unidade de construção naval específica i do padrão de priorização de variáveis qualitativas;

a_j = grau de atendimento do fator crítico j do atributo qualitativo i ;

GIF_j = grau de importância do fator crítico j do atributo qualitativo i , calculado por meio da Equação 4.7.

Tabela 25 – Valores dos graus de atendimento da unidade de construção naval específica em relação ao objeto desta pesquisa – o modelo de padrão de priorização de variáveis qualitativas.

Variáveis Qualitativas	Graus de Atendimento
Tecnologia - Estrutura Principal	0,71
Tecnologia - Movimentação de Carga	0,50
Tecnologia - Processamento do Aço	0,61
Tecnologia - Informatização	0,63
Localização Industrial	0,57

Complementarmente considerou-se um α -cut= 0,75, uma vez que este é o valor referente ao termo linguístico “concordo parcialmente”, que avalia a presença do fator crítico na planta. Isto é correspondente a fazer um corte- α robusto (*strong α -cut*), com α -cut= 0,75. Portanto entende-se que um valor menor que 0,75 significa que a planta não possui os elementos que compõem os fatores críticos de forma satisfatória, em relação ao modelo desta pesquisa do padrão de priorização.

A Figura 27 demonstra a representação gráfica dos graus de atendimento das variáveis qualitativas em relação ao padrão de priorização.

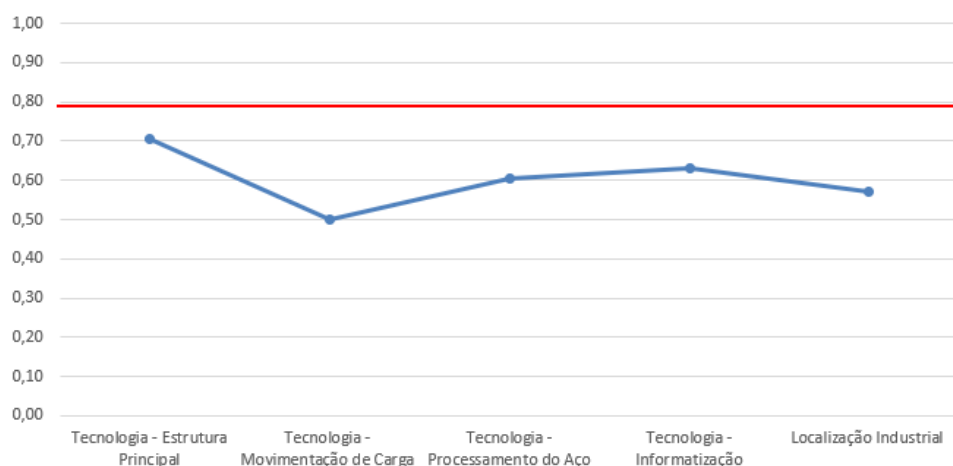


Figura 27 – Representação gráfica dos graus de atendimento das variáveis qualitativas em relação ao padrão de priorização.

De acordo com a demonstração da Tabela 25 e da Figura 28, os graus de atendimento das variáveis qualitativas apresentaram valores insatisfatórios para todos os elementos, Tecnologia em Estrutura Principal (0,71), Tecnologia em Movimentação de Carga (0,50), Tecnologia em Processamento do Aço (0,61), Tecnologia em Informatização (0,63) e Localização Industrial (0,57). Nenhum elemento supera o grau de atendimento de 0,75 (*strong α -cut*) e pode-se concluir que as variáveis qualitativas não recebem atenção para melhoramento de desempenho, da mesma forma que as variáveis quantitativas, tais como volumes em tonelagem de processamento.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este último capítulo apresenta as conclusões, os limites da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros. As conclusões que objetivam mostrar a validade e as contribuições desta pesquisa foram desenvolvidas em relação ao atingimento dos objetivos e das inferências definidos e ao seu desenvolvimento.

Para atingir o objetivo principal deste trabalho utilizou-se o conceito de lógica *fuzzy* para desenvolvimento de uma metodologia para avaliar variáveis qualitativas de construção naval, baseadas em fatores críticos nas áreas de tecnologia e de localização industrial, uma vez que o desempenho de uma unidade de produção naval, conforme demonstrado ao longo da pesquisa, já é bem tratado pela literatura e pelas organizações por meio de modelos lineares e matemáticos, afinal tratam-se de números crisp que, se trabalhados adequadamente, podem medir o desempenho específico de cada processo.

A abordagem *fuzzy* ajudou em pontos fracos do contexto de avaliação de desempenho naval porque, quando tratamos de valores qualitativos, estes dependem das percepções humanas diversas e são expressos em termos linguísticos. Neste sentido, por meio dos conceitos de lógica *fuzzy*, próprios para tratar subjetividades e imprecisões, foi possível entregar um modelo sem complexidades nesta pesquisa, que pode ser facilmente adaptado para qualquer organização que objetive medir variáveis qualitativas, com intuito de auxiliar o gestor a tomar decisões baseadas em técnicas de conceitos de especialistas. Ressalta-se que existe, conforme exposto ao longo da pesquisa, uma lacuna da bibliografia que trate de tal temática associada ao contexto de construção naval, o que pode ser explicado pela complexidade de lidar com estas questões.

O modelo proposto apresentado é simples e pode contribuir para a comunidade científica. De forma resumida, um grupo composto por onze especialistas com experiências profissionais e acadêmicas sólidas na área da construção naval julgou os fatores críticos selecionados, atribuindo, segundo a percepção humana de cada um, a relevância no contexto brasileiro para um melhor alcance de desempenho. Após processo de inferência *fuzzy*, os valores defuzzificados (resultado final) forneceram um padrão de priorização destas variáveis qualitativas. A utilização do método de matrizes de

concordância faz com que o resultado final entregue uma avaliação que tende ao maior consenso, e não a uma tendência central dos especialistas.

Em uma escala decrescente do resultado do modelo-padrão de priorização, a pesquisa explorou cada um dos dez fatores após utilização de $\alpha\text{-cut}= 0,8$ para atendimento. Destaca-se a mão de obra entre eles, por estar diretamente relacionada ao avanço de tecnologia e à escolha da localização industrial.

Este é um fator de destaque porque a construção naval é uma indústria de utilização intensiva de mão de obra, muito dependente da força de trabalho existente e de suas qualificações. À medida que os projetos de construção de embarcações se tornam mais complexos e específicos, é necessária uma melhoria em relação à força de trabalho, que esteja em condições, apta a atuar na tecnologia disponível.

Existem dois problemas neste ponto: a escolha da localização industrial não leva em consideração o *cluster*, arranjo físico do entorno, no aspecto de capacitação e qualificação profissional; e os custos salariais, o real por hora, seguem uma relação de, quanto menor o valor, melhor, o que resulta em uma mão de obra ineficiente e incapaz de utilizar as melhores tecnologias. No planejamento da produção esta questão é levada em conta e não é incomum que se opte por utilizar tecnologias inferiores, diminuindo gastos com modernização, automação e robótica, em vez de pagar mais caro por uma mão de obra que saiba utilizá-la. Por exemplo, segundo a Agência O Globo (2017), o trabalhador industrial brasileiro já é mais barato que o chinês, principal concorrente no mercado naval. Além disso, destaca-se que o desempenho, o comportamento por unidade de tempo de um funcionário, depende de vários fatores no caso de construção naval, tais como: ordem numérica do navio (se há mais de um navio no estaleiro e sua curva de aprendizagem); número de funcionários (se o nível de trabalho está adequado à demanda de produção, duração do dia de trabalho e nível de qualificação da força de trabalho).

Em relação à variável de localização industrial, destaca-se que a proximidade dos concorrentes e fornecedores pode permitir que a organização, acompanhe, esteja ciente, em estágio igual ou superior às inovações de seus concorrentes. Um passo importante na tomada de decisões para a seleção de uma localização é a avaliação das possíveis alternativas disponíveis para a instalação da unidade de produção, em combinação com os fatores críticos de localização industrial, apresentados no modelo desta pesquisa, mais

relevantes em priorização e suas características qualitativas e quantitativas de disponibilidade e regularidade de entrega.

Uma aplicação do modelo foi executada a partir de uma amostra de unidade de construção naval no estado do Rio de Janeiro. Foi consultada para aplicar o modelo *fuzzy* e verificar qual a distância para que este estaleiro melhore seu desempenho se direcionar esforços nos elementos resultado do modelo de priorização dos fatores críticos da pesquisa. Observou-se que nenhum elemento dos fatores críticos está presente de forma satisfatória na planta analisada, o que se acredita, conforme foi exposto ao longo desta pesquisa, estar relacionado à falta de estudos nas questões de ordem qualitativa dessa área industrial.

Com relação a limitações da pesquisa, pode-se dizer que o campo de avaliação do método foi um fator limitante. Se mais especialistas fossem avaliados, atuando em mais estados brasileiros, seria possível traçar análises regionais e mais detalhadas de cada fator crítico. Outra questão limitante é a reduzida referência bibliográfica. Quando tratamos de avaliações qualitativas de desempenho, não existe uma cultura de analisar fatores como complexidade e subjetividade dos processos pelas organizações.

Como sugestões para trabalhos futuros, podemos enfatizar a utilização deste modelo em outras organizações, principalmente as que tem a tecnologia como fator de produção, bem como o desenvolvimento de *software* para automatizar a utilização do método do modelo como uma ferramenta de tomada de decisão amigável ao usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTO. *Shipyard Engineering*, Finlândia, Setembro, 2015. Disponível em: <<https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=7010>>. Acesso em 23 de novembro de 2017.

AGÊNCIA O GLOBO, *Salário médio de setor industrial na China já supera o do Brasil*. Fev.2017. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2017/02/salario-medio-de-setor-industrial-na-china-ja-supera-o-do-brasil.html>> Acesso em 18 de janeiro de 2019.

ARARIBOIA, G., *Inteligência Artificial*, Rio de Janeiro: LTC, 1988.

ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL. *Manual de Formação: Produtividade e Inovação*, Programa Formação PME, 2016. Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~jmartins/gestao/Gestao-Estrategica.pdf>>. Acesso em 24 de março de 2018.

AYYUB, B. M.; KLIR, G. J., *Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences*, Boca Raton, FL, Chapman & Hall/CRC, 2006.

BALANCE TECHNOLOGY CONSULTING GMBH, *Competitive position and future opportunities of the european marine supplies industry*, European Commission: 2014. Disponível em: <https://maritimetechnology.nl/media/2014-01-27-MS-Study_Final_Report_r9.pdf>. Acesso em 22 de fevereiro de 2018.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W., *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092, 1984.

BELCHIOR, A. D., *Um modelo fuzzy para avaliação da qualidade de software*, Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 1997.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, *Construção Naval no Brasil e no Mundo*, Informe Infra-Estrutura. n.14, set. 1997.

BRESCHI, S.; MALERBA, F., *Clusters, networks e innovation*, Oxford: Oxford University Press, 2007.

CAMPOS FILHO, *Estudo sobre como as empresas brasileiras nos diferentes setores industriais acumulam conhecimento para realizar inovação tecnológica*, Relatório Setorial: Inovação e inovação e a indústria naval no Brasil, 2009.

CHAMOVITZ, I.; ELIA, M. F; COSENZA, C. A. N., *Fuzzy Assessment Model for Operative Groups in Virtual Educational*, Science and Information Conference (SAI), 2015. IEEE, 2015. p. 395-405. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7237173/>>. Acesso em 21 de fevereiro de 2018.

COOKE, P.; MORGAN, K., *The associational economy: firms, regions and innovation*, Oxford: Oxford University, 1998.

COOPER, R.; KAPLAN, R. S., *Measure costs right: make the right decisions*. Harvard Business Review, 88(5), 96–103, 1988.

CORRÊA, C. A., CORRÊA, H. L., *Administração de produção e operações: manufatura e serviços- uma abordagem estratégica*, 2. ed., Atlas, São Paulo: 2006.

COSENZA, C., [et al.], *Alguns Modelos Empíricos de Localização Industrial, Pesquisa e Planejamento Econômico*, Vol. 5, Rio de Janeiro, 1975.

COSENZA, C. A. N., *An Industrial Location Model. Working Paper. Martin Centre for Architectural and Urban Studies*, Cambridge: Cambridge University: 1981.

COSENZA, C. A. N., *Brazil's Biodiesel Programme – The Lula Administration's First Regional Plan*. Apresentação realizada em Oxford, 2005.

DEMETER, K.; CHIKÁN, A.; MATYUSZ, Z. *Labour productivity change: drivers, business impact and macroeconomic moderators*, International Journal of Production Economics, v. 131, n. 1, p. 215-223, 2011.

DIXON, J. R.; NANNI JR, A. J.; VOLLMANN, T. E., *The new performance challenge: measuring operations for world class competition*, New York: Business One Irwin, 1994.

DORES, P. B., LAGE, E. S., PROCESSI, L. D., *A retomada da indústria naval brasileira*, BNDES, 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/962/1/A%20retomada%20da%20ind%C3%BAstria%20naval%20brasileira_final_P.pdf> Acesso em 10 de abril de 2018.

EDQUIST, C.; JOHNSON, B., *Institutions and organizations in system of innovation*, Edquist, C.: System of innovation – technologies, institutions and organizations. London: Printer, 1997. cap 2. p. 41-63.

FAVARIN, J., *Estratégia para a navepeças brasileira: uma abordagem por competências*, Centro de Estudos em Gestão Naval da Escola Politécnica da USP. São Paulo: USP, 2008.

FAVARIN, J. V. R., HASHIBA, T. I., BACARAT, L. M., GOLDBERG, D., J., K, PINTO, M. M. O., *Delineamento de políticas de estímulo à competitividade para a construção naval brasileira*, XXI Copinaval – Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária, Montevideo, 2009.

FOLHA DE PERNAMBUCO. *Setor Naval: Sem garantias para o futuro*, Portos e Navios, nov.2018, <<https://www.portosenavios.com.br/noticias/ind-naval-e-offshore/setor-naval-sem-garantias-para-o-futuro>> Acesso em 07 de janeiro de 2019.

FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo, *Relatório de Termo de convênio entre Petrobras e USP para testar e implantar tecnologias de RFID*, São Paulo. 2015

GORDO, J. M., CARVALHO, I. e SOARES, C. G., *Potencialidades de processos tecnológicos avançados de corte e união de aço em reparação naval*, Inovação e Desenvolvimento nas Atividades Marítimas, pp.877-890, Lisboa, 2006.

GRECCO, C. H. S.; SANTOS, I. J. A. L.; CARVALHO, P. V. R.; OLIVEIRA, M. V.; MOL, A. C. A., *Human factors questionnaire as a tool for risk assessment*, International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2009, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

GRECCO, C. H. S., *Avaliação da Resiliência em Organizações que lidam com tecnologias perigosas: O caso expedição de radiofármacos*, Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2012.

GRECCO, C. H. S.; VIDAL, M. C.; CARVALHO, P. V. R., *Using fuzzy set theory to model resilience in safe-critical organizations*, 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics – AHFE 2012, San Francisco, California, USA, 2012b.

HAYES, R. H, ABERNATHY, W. J., *Managing our way to economic decline*, Harvard Business Review, v58, p67 July-Aug 1980.

HORA, H., R., M., MOURA, L. A. T., VIEIRA, G., B., S., *Análise da qualidade de serviços de um shopping center, na percepção dos clientes internos*, v. 2, n. 2, p. 126-138, Revista Eletrônica Produção & Engenharia: Jul-Dez, 2009.

HSU, H. M.; CHEN, C. T., *Aggregation of fuzzy opinions under group decision Making*, Fuzzy Sets and Systems, v. 79, pp. 279-285, 1996.

ISHIKAWA A.; AMAGASA, M.; SHIGA, T.; TOMIZAWA, G.; TATSUTA, R.; MIENO, H., *The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration*, Fuzzy Sets and Systems, v. 55, pp. 241-253, 1993.

JUNQUEIRA, A., *PROMEF – Programa de Modernização e Expansão da Frota. Diretoria de Transportes Marítimos da Transpetro*, São Paulo: XX COPINAVAL, 2007.

KAPLAN R.S.; NORTON D.P, *The Balanced Scorecard: Measures that drive performance*, Harvard Business Review (January-February) 1992.

KEEGAN, D. P.; EILER, R. G.; JONES, C. R., *Are your performance measures obsolete?*, Management Accounting, v.70, n.1, p. 45-50, 1989.

KLIR, G. J.; YUAN, B. *Fuzzy sets and Fuzzy logic: theory and applications*, Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1995.

LACERDA, S.M., *Oportunidades e Desafios da Construção Naval*, Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 10, n. 20, p. 41-78, dez. 2003.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A., *Metodologia científica*, 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LEE, H. M., *Group decision making using fuzzy theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development*, Fuzzy Sets and Systems, v. 80, pp. 261-271, 1996.

LEITE, A.C.J., *Contribuição para o Aperfeiçoamento de uma Política para a Indústria Naval e a Marinha Mercante*, Apresentação no BNDES. Rio de Janeiro: SOBENA, 2003.

LIANG, G. S; WANG, M. J., *A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection*, Int. J. Prod. Res., v. 29, n. 11, pp. 2313-2330, 1991.

LIMA, E.T.; VELASCO, L., *Construção Naval no Brasil: Existem Perspectivas?*, Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 5, n. 10, p. 167-194, dez. 1998.

LIU, R. L., YAO, Z., *Valor do sistema*, 45, Anal. Abstr 56, 2006.

MALERBA, F., *Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors*, Econ. Innov. New Techn., Vol. 14(1-2), January-March, pp. 63-82, 2005.

- MANN, P. H., *Método de investigação sociológica*, Rio de Janeiro: Zahar, 1970.
- MARKUNSEN, A., *Áreas de atração de investimentos em um espaço econômico cambiante: uma tipologia de distritos industriais*, v. 5, n. 2., Nova Economia: 1995.
- MARSHALL A., *Principles of Economics*, Macmillan, London, 1890.
- MARTINS, G. A., DOMINGUES, O., *Estatística geral e aplicada*, 4.ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- MORÉ, J. D., *Aplicação da lógica fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos ensaios não destrutivos por ultra-som*, Tese de Doutorado – Programa de PósGraduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.
- MOREIRA, D. A., *Administração da produção e operações*, 2. ed., Cengage Learning, São Paulo: 2008.
- NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K.; GREGORY, M. and RICHARDS, H., *Realizing strategy through measurement*, International journal of operations & production management, vol. 14, n. 3, p. 140-152, 1994.
- NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K., *Performance measurement system design – a literature review and research*, International Journal of Operations & Production Management, v. 15, n. 4, p. 80-116, 1995.
- NEELY, A., AUSTIN, R., *Business Performance Measurement: Theory and Practice*, Cambridge: Cambridge University Press, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511753695.004>>. Acesso em 16 de outubro de 2017.
- NUDURUPATI, S.S.; BITITCI, U.S.; KUMAR, V.; CHAN, F.T.S. *State of Art Literature Review on Performance Measurement*, Computer & Industrial Engineering, 60, p. 279-290. Elsevier, 2011.

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, *Boosting innovation: the cluster approach*, Paris: OECD, 1999.

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, *The State of the Orderbook and Production*, New Orleans: OECD, 2005.

OLAVE, M. E. L.; AMATO NETO, J., *Redes de cooperação produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas*, Gestão & Produção, v. 8, n. 3, p. 289-303, São Carlos: 2001.

PASIN, J.A.B., *Indústria Naval do Brasil: Panorama, Desafios e Perspectivas*, Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 9, n. 18, p. 121-148, dez. 2002.

PASSOS, P.S.O., *Visão Atual e Perspectivas do PROMEF*, Niterói: FENASHORE, 2007.

PEDRYCZ, W., *Relevancy of fuzzy models*, Informations Sciences, v. 52, pp. 285-302, 1990.

PEDRYCZ, W., *Why triangular membership functions?*, Fuzzy Sets and Systems, v. 64, pp. 21-30, 1994.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R., *Administração da Produção: operações industriais e de serviços*, Curitiba: UnicenP, 2007.

PETKOVIC, M., SHINOHARA, A., *Monitoramento da Produtividade Naval*, Conference: SAE Brasil 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280621491_Monitoramento_da_Produtividade_e_na_Construcao_Naval> Acesso em 12 de fevereiro de 2018.

PINTO, M.O., *Desenvolvimentno e aplicação de método para definição da estrutura de produto de um navio tanque (SUEZMAX) com aplicação de Planejamento, Programação e controle da Produção num estaleiro*, São Paulo. Brasil. Centro de Estudos em Gestão Naval – Escola Politécnica da universidade de São Paulo, 2007.

PINTO, P. J. F., COSENZA, C. A. N., CURI, M. F., *Desempenho de variáveis qualitativas: Uma proposta de modelo fuzzy em tecnologia de construção naval*, São Paulo: Seminário em Tecnologia da Informação Inteligente, 2018.

PORTER, M., *Clusters and new economics of competition*, Harvard Business Review, pp. 77-90, November-December, 1998.

TELLES, P.C.S., *A construção naval no Brasil*, Rio de Janeiro: Monitor Mercantil, 2004.

VERGARA, S. C. *Métodos de pesquisa em administração*, São Paulo: Atlas, 2005.

RICHARDSON, R. J., *Pesquisa Social: métodos e técnicas*, 3. ed. revista e ampliada. São Paulo: Atlas, 2008.

ROBBINS, S. P., *Comportamento Organizacional*, 9ª ed., São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.

ROSS, T. J., *Fuzzy logic with engineering applications*, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, 2010.

SAATY, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill, 1980.

SAXENIAN, A., *Regional Advantage: culture and competition*, Silicon Valley and Route 128. Cambridge, Mass.: Harvard University, 1994.

SEÇME, N. Y., BAYRAKDAROĞLU, A., & KAHRAMAN, C., *Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS*. Expert Systems with Applications, vol. 36, pp. 11699-11709, 2009.

SILVA, C. T., *Simulação de Processos Industriais como ferramenta de apoio à Gestão de Estaleiros*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SINAVAL – Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore. *Indústria Naval no Brasil: Um Novo Horizonte*. Rio de Janeiro: Sinaval, 2007.

Disponível em: < <http://sinaval.org.br/wp-content/uploads/Catalogo-Sinaval-2007.pdf>>
Acesso em 14 de fevereiro de 2018.

SINAVAL – Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore, *A indústria naval cumpre sua missão econômica e social*. Rio de Janeiro: Sinaval, 2009. Disponível em: <<http://sinaval.org.br/wp-content/uploads/SINAVAL-Cenario2009-abr2009.pdf>> Acesso em 13 de fevereiro de 2018.

SINAVAL – Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore, *Produtividade e Recursos Humanos*. Rio de Janeiro: Sinaval, outubro, 2014. Disponível em: <<http://sinaval.org.br/2014/10/produtividade-e-recursos-humanos/>> Acesso em 22 de março de 2018.

SIQUEIRA, M. M. M., *Medidas do Comportamento Organizacional: Ferramentas de Diagnóstico e de Gestão*. Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2008.

SIQUEIRA, J. P. L., *Gestão de Produção e Operações*. Curitiba: IESDE Brasil S.A. , 2009.

SCHMITZ, H., *Collective efficiency and increasing returns*, IDS Working Paper 50, March, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R., *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STEWART, G., *Quest for Value: a guide for senior managers*. New York: Harper Business, 1991.

STOPFORD, M., *Maritime Economics*. Technical Report. 2 ed. London: Routledge, 1997.

SUN, C. C., LIN, G. T., *Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites*. Expert Systems with Applications, vol. 36, pp. 11764-11771, 2009.

TAYLOR, F.W. *Princípios da Administração Científica*. Tradução por Arlindo V. Ramos. 8ed. São Paulo: Atlas, 2011.

WAKAMATSU A.; CHENG L. Y., *Metodologia de posicionamento dos elementos do canteiro de obras utilizando a teoria de sistema nebuloso*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/305, 26 p., São Paulo: EPUSP, 2001.

WAGGONER, D.B.; NEELY, A.D.; KENNERLEY, M.P. *The forces that shape organisational performance measurement systems: an interdisciplinary review*. *Internacional Journal of Production Economics*, v.60, n. 1, p. 53-60, 1999.

WANG, T. C., CHANG, T. H., *Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment*. *Expert Systems with Applications*, vol. 33, pp. 870-880, 2007.

WONG, W.P.; WONG, K.Y., *Supply chain performance measurement system using DEA modeling*. *Industrial Management and Data Systems*, 107(3), p. 361-381, 2007.

YAGER, R. R., *Simultaneous solution of fuzzy models: an application to economic equilibrium analysis*. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 115, pp. 339 – 349, 2000.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamentos e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZADEH, L. A. *Fuzzy sets as basis for a theory of possibility*. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 1, n.1, p. 3-28, 1978.

ZADEH, L.A., *Fuzzy Probabilities*. *Information Processing and Management*, v. 20, p. 363-372, 1984.

ZEYDAN, M., ÇOPLAN, C., *A new decision support system for performance measurement using combined fuzzy TOPSIS/DEA approach*. International Journal of Production Research, 47(15):4327-4349, 2009.

ZIMMERMANN, H., *An application-oriented view of modeling uncertainty*. European Journal of Operations Research, 122, 190-198, 2000.

APÊNCIDES

APÊNDICE 1

Ferramenta de coleta de dados do especialista

Avaliador:

Grau de escolaridade:

Área de atuação profissional:

Experiências de atuação na área:

Cargo atual:

Tempo de atuação no cargo atual:

Região onde trabalha:

APÊNDICE 2

Planilha para determinação do grau de relevância de fatores de tecnologia em construção naval

Essa planilha faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar o grau de relevância do aspecto tecnologia relacionados à Estrutura Principal; Movimentação de Carga; Processamento do Aço e Informatização, para analisar o desempenho, comportamento dos estaleiros brasileiros sob essa perspectiva. A qualidade da pesquisa depende do nível de transparência das opiniões fornecidas pelos especialistas/avaliadores. Será utilizado método *fuzzy* para agregar opiniões e elaborar um padrão de priorização qualitativa em construção naval.

Assinale em sua opinião a respectiva relevância de cada item da tabela abaixo:

Planilha para determinação do grau de relevância do aspecto tecnologia em construção naval

Essa planilha faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar o grau de relevância do aspecto tecnologia relacionados à Estrutura Principal; Movimentação de Carga; Processamento do Aço e Informatização, para analisar o desempenho, comportamento dos estaleiros brasileiros sob essa perspectiva. A qualidade da pesquisa depende do nível de transparência das opiniões fornecidas pelos especialistas/avaliadores. Será utilizado método *fuzzy* para agregar opiniões e elaborar um padrão de priorização qualitativa em construção naval.

Avaliador: _____

Assinale em sua opinião a respectiva relevância de cada item da tabela abaixo:

1.	Em relação a Estrutura Principal:	Nenhuma relevância	Pouca relevância	Relevância moderada	Bastante relevância	Crucial relevância
1.1	Sobre a quantidade de mão de obra					
1.2	Sobre a construção por blocos					
1.3	Sobre o portfólio do estaleiro, ser especializado					
1.4	Sobre a preocupação com proteção ambiental					
1.5	Sobre a qualificação da mão de obra					
1.6	Sobre o grau de automação e robótica					
2.	Em relação a Movimentação de Carga:	Nenhuma relevância	Pouca relevância	Relevância moderada	Bastante relevância	Crucial relevância
2.1	Sobre a capacidade dos guindastes					
2.2	Sobre o controle do tempo de movimentação de carga					
3.	Em relação ao Processamento do Aço:	Nenhuma relevância	Pouca relevância	Relevância moderada	Bastante relevância	Crucial relevância
3.1	Sobre as oficinas de aço e acabamentos separadas ou integradas					
3.2	Sobre o controle do tempo de montagem dos blocos					
4.	Em relação a Informatização:	Nenhuma relevância	Pouca relevância	Relevância moderada	Bastante relevância	Crucial relevância
4.1	Sobre a integração da áreas operacionais com sistemas CAD / CAM					
4.2	Sobre o uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão de obra					

APÊNDICE 3

Planilha para determinação do grau de relevância de fatores de localização industrial em construção naval

Essa planilha faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar o grau de importância do aspecto localização industrial relacionados a construção naval, para analisar o desempenho, comportamento dos estaleiros brasileiros sob essa perspectiva. A qualidade da pesquisa depende do nível de transparência das opiniões fornecidas pelos especialistas/avaliadores. Será utilizado método *fuzzy* para agregar opiniões e elaborar um padrão de priorização qualitativa em construção naval.

Assinale em sua opinião a respectiva relevância de cada item da tabela abaixo:

Planilha para determinação do grau de importância do aspecto localização industrial em construção naval

Essa planilha faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar o grau de importância do aspecto localização industrial relacionados a construção naval, para analisar o desempenho, comportamento dos estaleiros brasileiros sob essa perspectiva. A qualidade da pesquisa depende do nível de transparência das opiniões fornecidas pelos especialistas/avaliadores. Será utilizado método *fuzzy* para agregar opiniões e elaborar um padrão de priorização qualitativa em construção naval.

Avaliador: _____

Assinale em sua opinião a respectiva relevância de cada item da tabela abaixo:

5.	Fatores de Localização Industrial dos Estaleiros	Nenhuma Importância	Pouca Importância	Importância moderada	Bastante Importância	Crucial Importância
5.1	Elementos vinculados ao ciclo de produção					
5.2	Elementos relativos ao transporte					
5.3	Serviços de interesse industrial					
5.4	Integração industrial					
5.5	Disponibilidade de mão-de-obra					
5.6	Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)					
5.7	Água, disponibilidade e regularidade de suprimento					
5.8	Condições gerais de vida para a população					
5.9	Elementos do clima e características do solo					
5.10	Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial					

APÊNDICE 4

Planilha para avaliação do grau de atendimento das variáveis qualitativas
em unidade específica de construção naval

Essa planilha faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar o grau de atendimento dos aspectos tecnologia e localização industrial relacionados a construção naval, para analisar o posicionamento e comportamento do estaleiro em que atua. A qualidade da pesquisa depende do nível de transparência das opiniões fornecidas pelo especialista/avaliador. Será utilizado método *fuzzy* gerar o grau de atendimento da planta.

Assinale em sua opinião a presença dos elementos na unidade de construção naval em que atua, com sua concordância segundo roteiro abaixo:

DT	Discordo totalmente
DP	Discordo parcialmente
NCND	Não concordo, nem discordo
CP	Concordo parcialmente
CT	Concordo totalmente

Avaliador:

Cargo/função:

Avaliação dos Fatores Críticos	Concordância
Em relação à Tecnologia na Estrutura Principal os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
1.1. Quantidade de mão de obra	
1.2. Construção por blocos	
1.3. Portfólio do estaleiro, ser especializado	
1.4. Preocupação com proteção ambiental	
1.5. Qualificação da mão de obra	
1.6. Grau de automação e robótica	
Em relação à Tecnologia na Movimentação de Carga os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
2.1. Capacidade dos guindastes	
2.2. Controle do tempo de movimentação de carga	
Em relação à Tecnologia no Processamento do Aço os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
3.3. Oficinas de aço e acabamentos integradas	
3.2. Controle do tempo de montagem dos blocos	
Em relação à Tecnologia na Informatização os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
4.1. Integração das áreas operacionais com sistemas CAD / CAM	
4.2. Uso avançado de tecnologia em sistemas de processos de negócios e gestão da mão-de-obra	
Em relação Localização Industrial os elementos estão presentes na unidade de construção naval?	
5.1. Elementos vinculados ao ciclo de produção	
5.2. Elementos relativos ao transporte	
5.3. Serviços de interesse industrial	
5.4. Integração industrial	
5.5. Disponibilidade de mão-de-obra	
5.6. Energia elétrica (disponibilidade e regularidade de suprimento)	
5.7. Água (disponibilidade e regularidade de suprimento)	
5.8. Condições gerais de vida para a população	
5.9. Elementos do clima e características do solo	
5.10. Outras restrições e facilidade relativas à instalação industrial	