

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

FERNANDO HENRIQUE GALVAN

TEORIA DE JOGOS: UMA APLICAÇÃO BASEADA EM OTIMIZAÇÃO PARA
DETERMINAR AS DIMENSÕES PRINCIPAIS DE NAVIOS

Joinville

2018

FERNANDO HENRIQUE GALVAN

TEORIA DE JOGOS: UMA APLICAÇÃO BASEADA EM OTIMIZAÇÃO PARA
DETERMINAR AS DIMENSÕES PRINCIPAIS DE NAVIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Naval, da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Thiago Pontin Tancredi, Dr.

Joinville

2018

TEORIA DE JOGOS: UMA APLICAÇÃO BASEADA EM OTIMIZAÇÃO PARA
DETERMINAR AS DIMENSÕES PRINCIPAIS DE NAVIOS

FERNANDO HENRIQUE GALVAN

Esta Monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para obtenção do título do bacharel em Engenharia Naval, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 28 de junho de 2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Thiago Pontin Tancredi
Presidente/Orientador

Prof. Eng. Esp. Luiz Eduardo Bueno Minioli
Membro

Prof. Dr. Rafael Gallina Delatorre
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família, principalmente minha mãe, Neusa R. Galvan, pelo apoio e o encorajamento constante em todos meus objetivos, por nunca me deixar faltar nada e essencialmente por me proporcionar condições de ter uma educação de qualidade. Meu irmão Marco A. Galvan, pelo companheirismo e por sempre estar disposto a me ajudar, também é responsável por esta conquista.

Ao meu orientador Thiago Pontin Tancredi, por sua dedicação, paciência e confiança, por todos seus ensinamentos e conselhos concedidos durante a realização deste trabalho, qual tornou possível a sua conclusão.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração por estarem presente na minha formação profissional e pessoal, ao longo de toda a graduação.

Aos meus colegas e amigos, em especial ao Felipe Souza, Felipe Santos, Filipe Rensi, Gabriel Fonseca, Gabriel Zilio, Lucas Viana, Luiz Teixeira, Nicolas de Almeida e Renato Finoteli, pela amizade e parceria de longas noites de estudos, trabalhos, festas, durante toda essa trajetória morando em Joinville. E aos meus amigos de São Jorge por sempre estarem presente em minha vida.

As minhas amigas Paola Zardo e Renata Telles, por suas correções e incentivos nesse trabalho em especial.

RESUMO

No cenário atual, a alta competitividade das empresas de transporte marítimo motiva a busca por projetos navais melhores e mais eficientes. Nesse contexto, métodos de otimização surgem como um poderoso aliado dos engenheiros no projeto de novas embarcações. No entanto, o presente trabalho foge da abordagem tradicional de aplicação de métodos de otimização ao projeto de navios, e apresenta uma abordagem relacionando a jogos de RPG (Role-Playing Game) com o desenvolvimento da fase conceitual de projetos navais. Após apresentar os modelos de sínteses desenvolvidos, realiza-se cinco estudos de caso, sendo dois deles relacionados com a teoria do jogo e três com o projeto de embarcações. No modelo que representa a construção de um personagem de RPG, busca-se a combinação em pontos de três atributos que definem o personagem que vence uma dada batalha no menor tempo possível, e também, o personagem que vence cem adversários no menor tempo possível. Já no âmbito naval, analisam-se três variáveis de projeto, a fim de determinar a combinação que resultasse no menor custo para a uma dada operação de transporte marítimo. A qualidade do projeto naval é definida pela capacidade de carga disponível, pelo tempo da viagem e pela energia necessária para tal tarefa. No primeiro caso analisado, busca-se a embarcação mais eficiente, que transporta mais carga com a menor quantidade necessária de energia. No segundo caso, determina-se a combinação referente a uma frota de navios mercantes, que transportam uma quantidade proposta de carga entre dois portos. Nesse caso, busca-se a redução do custo por TEU transportado e a redução do tempo para a execução da missão. No último caso se fez uso da utilização de uma função custo, que congrega ambos os objetivos analisados. Nos procedimentos apresentados foi empregada a técnica de otimização baseada no algoritmo genético NSGA-II, disponível no programa ModeFRONTIER. Como resultado observou-se uma boa analogia entre o problema de construção de um personagem que ganha a batalha em menor tempo com o projeto da embarcação mais eficiente em uma única viagem. No entanto, quando se compara o personagem construído para vencer cem batalhas com a combinação do caso referente a frota de navios, a analogia não se encaixa muito bem, porém quando relacionada com os resultados da função custo, os problemas voltam a apresentar uma boa correlação.

Palavras-chave: Otimização. Projetos. RPG. Navios mercantes.

ABSTRACT

Nowadays, shipping companies' high competitiveness motivates the search for better and more efficient naval projects. In this context, optimization methods emerge as a powerful ally of engineers in the design of new vessels. However, this study runs away from the traditional approach of applying optimization methods to ship design, and presents an approach relating RPG (Role-Playing Game) games to the development of the conceptual phase of naval projects. After presenting the developed synthesis models, five case studies are carried out, from which two are related to game theory and three to boat design. In the model representing the construction of an RPG character, the combination of points along three attributes that define the character who wins a given battle in the shortest possible time is sought, as well as the character who wins a hundred opponents in the shortest possible time. At the naval level, three design variables are analyzed in order to determine the combination that results in the lowest cost for a given maritime transport operation. The quality of naval design is defined by the available cargo capacity, the time of travel, and the energy required for that task. In the first case analyzed, the most efficient vessel is sought, which carries more cargo with the least amount of energy required. In the second case, the combination of a fleet of merchant ships carrying a proposed quantity of cargo between two ports is determined. In this case, it is sought to reduce the cost per TEU transported, as well as the time for executing the mission. In the latter case, a cost function was used, which brings together both objectives analyzed. In the presented procedures, the optimization technique based on the genetic algorithm NSGA-II, available in the program ModeFRONTIER, was used. As a result, a good analogy between the problem of building a character who wins the battle in less time with the most efficient vessel design in a single trip has been observed. However, when comparing the character built to win a hundred battles with the combination of the case concerning the fleet of ships, the analogy does not fit very well, but when related to the results of the cost function, the problems start to show a good correlation again.

Key-words: Optimization. Projects. RPG. Merchant Ships.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas do Processo de Desenvolvimento de uma Embarcação.....	18
Figura 2 - Navio Porta-Contêiner OOCL Hong Kong.....	23
Figura 3 - Portêineres do Porto de Itapoá	24
Figura 4 – Etapas do Desenvolvimento deste Trabalho	26
Figura 5 – Personagem Knight e Monstro Orc Warrior	29
Figura 6 – Desempenhos em Batalha dos 3 Personagens da Tabela 1	37
Figura 7 – Combinação Típica Utilizada em Batalhas no RPG	38
Figura 8 – Fluxograma de Otimização para Redução do Tempo de Batalha	39
Figura 9 – Fluxograma de Otimização para Redução do Tempo de 100 Batalhas ...	43
Figura 10 – Fluxograma do Processo de Otimização: Minimização do BHP/TEUs...55	
Figura 11 – Fluxograma do Processo de Otimização: Otimização do Transporte de 461000 TEUs	57
Figura 12 – Fluxograma do Processo de Otimização: Otimização do Transporte de 461000 TEUs Considerando Função Custo.....	60
Figura 13 – Personagem da Classe Sentinela e a Fragata Constituição	63
Figura 14 – Personagem Classe Cavaleiro e um Típico Petroleiro	63
Figura 15 – Comparação entre uma Batalha e um Comboio Fluvial	64
Figura 16 – Comportamento da Resistência ao Avanço com a Variação da Velocidade (Froude).....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Rastreamento do HP	28
Gráfico 2 – Curva do HP Devido a Variação da Vitalidade	30
Gráfico 3 – Pontos Necessários para Cada Valor de um Atributo.....	31
Gráfico 4 – Coeficiente do Dano Causado pela Agilidade.....	32
Gráfico 5 – Coeficiente do Dano Causado pela Força	33
Gráfico 6 – Coeficiente do Dano Recebido pela Vitalidade.....	34
Gráfico 7 – Coeficiente do Dano Recebido pela Agilidade	35
Gráfico 8 – Capacidade do Personagem de Regenerar.....	41
Gráfico 9 - Número de TEUs em Função do Payload	47
Gráfico 10 – Fronteira de Pareto do problema Multiobjetivo	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desempenho em Batalha de 3 Personagens Diferentes.....	36
Tabela 2 – Componentes Necessários para Cálculos da Análise da Regeneração..	42
Tabela 3 – Comparação Personagens Otimizados	44
Tabela 4 - Faixas de CD para Diferentes Tipos de Embarcações e Limites de Dwt .	48
Tabela 5 - Determinação dos Grupos de Pesos a Bordo de uma Embarcação	51
Tabela 6 – Alguns Resultados da Curva de Pareto.....	59
Tabela 7 – Comparação Entre as Embarcações Otimizados	61
Tabela 8 – Correlação das Variáveis em Ambos Ambientes.....	62
Tabela 9 – Resultados do Personagem Cavaleiro com Equipamento	65

LISTA DE SÍMBOLOS

KB	Altura carena
GM	Altura metacêntrica
B	Boca
BHP	Brake Horse Power
T	Calado
Dwt	Capacidade de carga
KG	Centro de massa
Cb	Coefficiente de bloco
Cw	Coefficiente de linha d'água
CD	Coefficiente de porte
Cte	Constante
Cx	Coefficiente de secção mestra
η_T	Coefficiente transversal
Lpp	Comprimento entre perpendiculares
Lwl	Comprimento na linha d'água
Loa	Comprimento total
Δ	Deslocamento
HP	Health Points
W_{ST}	Peso aço
W_L	Peso leve
W_M	Peso maquinário
W_{OT}	Peso outfitting
D	Pontal
SHP	Potência instalada
BM _T	Raio metacêntrico
Rw	Resistência de ondas
Rt	Resistência total
Rv	Resistência viscosa
RPG	Role-Playing Game
β	Tempo transporte marítimo

TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
B/T	Valor adimensional
L/B	Valor adimensional
Agi	Valor em agilidade
For	Valor em força
Vit	Valor em vitalidade
V	Velocidade
Vs	Velocidade de serviço
∇	Volume deslocado

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	PROJETO CONCEITUAL	17
2.2	TEORIA DO JOGO DE RPG	19
2.3	OTIMIZAÇÃO APLICADA NA ENGENHARIA	21
2.4	OPERAÇÃO PROBLEMA SOBRE O NAVIO E ROTA	22
2.4.1	Navios Porta-Contêiner	23
2.4.2	Rota	24
3	METODOLOGIA	26
4	DESENVOLVIMENTO: ANÁLISE AMBIENTE RPG	28
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS UTILIZANDO CALCULADORA ONLINE	28
4.1.1	Curva do HP Referente ao Personagem Cavaleiro Nível 60	29
4.1.2	Curva dos Pontos Disponível	30
4.1.3	Danos Causados pelo Personagem ao Monstro	31
4.1.4	Dano Causado pelo Monstro no Personagem	34
4.2	ESTUDO DE CASO MENOR TEMPO DE BATALHA	36
4.2.1	Processo de Otimização	39
4.2.2	Resultados da Combinação de Menor Tempo de Batalha	40
4.3	LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE A REGENERAÇÃO	40
4.3.1	Levantamento de Dados sobre a Regeneração do Personagem	41
4.4	ESTUDO DE CASO COM A REGENERAÇÃO	42
4.4.1	Processo de Otimização	43
4.4.2	Resultados da Análise Referente ao Caso de Matar 100 Monstros	43
5	DESENVOLVIMENTO: ANÁLISE AMBIENTE NAVAL	45
5.1	VARIÁVEIS DO PROJETO	45
5.1.1	Comportamento da Capacidade de Carga Devido a Variação do Deslocamento	46

5.1.2	Determinação dos Limites da Variável Velocidade	48
5.1.3	Determinação do Limite de LB	49
5.2	RESTRIÇÕES DE PROJETO	49
5.2.1	Restrição do Calado Máximo	49
5.2.2	Restrição do GM Mínimo	49
5.3	OBJETIVO PROPOSTO	53
5.4	ESTUDO DE CASO: EMBARCAÇÃO COM MENOR BHP/TEUS	54
5.4.1	Procedimento de Otimização	54
5.4.2	Resultados da Combinação da Melhor Embarcação	55
5.5	ESTUDO DE CASO: EMBARCAÇÃO OTIMIZADA PARA TRANSPORTAR 461000 TEUS	56
5.5.1	Objetivos	56
5.5.2	Procedimento de Otimização	57
5.5.3	Resultados da Melhor Combinação das Variáveis para o Transporte de 461000 TEUs	58
5.6	ESTUDO DE CASO UTILIZANDO UMA FUNÇÃO CUSTO	59
5.6.1	Procedimento de Otimização	59
5.6.2	Resultados da Minimização da Função Custo	60
6	ANALOGIA ENTRE OS PROBLEMAS	62
7	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a palavra otimização faz parte da vida de qualquer engenheiro, seja qual for a área de atuação. Pois, dentro de um cenário internacional altamente competitivo, busca-se constantemente a melhor performance, o melhor desempenho, a menor massa, o menor custo, um conceito inovador; entre outros atributos que diferenciem e qualifiquem o projeto ou produto (TANCREDI, 2008).

Na engenharia naval não é diferente, o transporte marítimo se mostra como uma atividade de alto risco econômico e altamente competitiva, com algumas das menores taxas de retorno financeiro, conforme discutido por Stopford (1997).

Neste contexto, a busca dos parâmetros de uma embarcação que maximizem sua eficiência é vital para assegurar um diferencial competitivo e está eventualmente ligada ao custo e a capacidade de carga da embarcação; sendo constante tópico de pesquisa e desenvolvimento (PARSONS, 2003).

Sabe-se que os primeiros passos para a concretização de um projeto de uma embarcação consistem da definição dos requisitos de projeto; seguido da determinação das dimensões principais e coeficientes de forma do casco.

As dimensões principais e os coeficientes de forma afetam sensivelmente as características de desempenho do navio, como por exemplo, a resistência ao avanço da embarcação, intimamente ligada ao custo do sistema propulsivo e ao consumo de combustível (MOLLAND, 2011).

Navios mercantes são objetos constantes de estudos devido ao grande fluxo de navios que realizam transferências de cargas entre portos do mundo inteiro. Esses navios podem ser agrupados em uma grande variedade de classes, como por exemplo: carga geral, contêineres, graneleiros, cruzeiros, tanques, assim por diante (EYRES, 1998), sendo uma forma de transporte altamente competitiva devido ao baixo custo por tonelada transportada em comparação ao transporte aéreo, por exemplo.

Em especial, a determinação das dimensões principais e coeficientes de forma é tópico de diversos estudos presentes na literatura, como por exemplo Chame (2014), Papanikolaou (2010) e Parsons (2003).

O presente estudo apresenta um procedimento para a determinação das dimensões principais de um navio mercante com analogia da teoria de jogos citada a seguir.

Inicialmente são apresentadas considerações sobre a teoria do jogo de RPG, do inglês *Role Playing Game*, que pode ser traduzido como *Jogo de interpretação de papéis*. De acordo com Jackson (1994 apud BATISTA; SALDANHA, 2009) esse tipo de jogo baseia-se em uma história narrada por um árbitro chamado de Mestre. Cada participante cria seu próprio personagem que irá fazer parte da aventura. Tal estilo de jogo possui grande adoração do público, exemplificada, por exemplo, pela enorme aceitação do jogo *World of Warcraft* que em fevereiro de 2012 alcançou o número de 10 milhões de jogadores (BLIZZARD, 2015).

Jogos do gênero RPG envolvem um mecanismo complexo, tanto do ponto de vista de quem desenvolve; como para quem joga (MORRIS, 2004). A procura da melhor combinação das características que descrevem um personagem, que traga mais benefícios não é tão simples quanto parece, pois vários fatores podem ser alterados por consequência dessas definições. Contudo, a configuração que será testada nesse trabalho, parte da ideia de que cada personagem conta com um limite de pontos disponíveis que podem ser distribuídos de forma individualizada entre seus atributos, influenciando diretamente no desempenho do personagem.

No exemplo desenvolvido por Granoob (2017), os atributos podem ser divididos em dois grupos: físicos e mentais, variando devido a cada estilo de jogo e aventura. As estruturas que normalmente compõem os atributos são: Força (medida de força muscular); Destreza (agilidade e coordenação); Vigor (energia e saúde); Inteligência (capacidade mental, adaptabilidade e experiência geral); Percepção (intuição) e Concentração (autocontrole, facilitando o aprendizado e aprimorando as habilidades especiais).

Considere, por exemplo, a definição da velocidade com que um personagem realiza uma ação. Essa importante habilidade, no exemplo de Granoob (2017) é definido pela quantidade de pontos que o personagem possui no atributo destreza. Voltando ao problema de projeto de navios, é possível traçar uma clara analogia entre o desempenho de uma embarcação em função dos valores de suas variáveis de projeto; com o desempenho de um personagem em função dos valores de seus atributos. Sendo essa analogia o tópico principal deste trabalho.

De acordo com Chame (2004);

A eficiência do projeto de uma embarcação mercante, pode ser medida considerando-se a capacidade de carga da embarcação (DWT) em relação ao custo de construção (eventualmente associados ao porte da embarcação) e ao custo operacional (eventualmente associado a potência SHP exigida para a velocidade de serviço). (p.14).

Através desta definição, o objetivo deste trabalho é maximizar a capacidade de carga (Dwt) e minimizar a potência instalada na embarcação (SHP), tendo por finalidade encontrar a maior eficiência para o projeto e conseqüentemente o melhor lucro: traçando um paralelo com o problema de construção de um personagem de um jogo RPG.

Para realizar esse objetivo, o trabalho apresenta um modelo de síntese para a construção de um personagem RPG utilizando o equacionamento presente no jogo Ragnarok. Paralelamente desenvolve-se um modelo de síntese para o projeto conceitual de um navio cargueiro baseado em clássicos modelos empíricos disponíveis na literatura. A seguir aplicam-se técnicas de otimização a ambos os modelos, buscando as características que descrevem o “melhor” personagem e as características que descrevem o “melhor navio”.

É importante destacar que o conceito de “melhor” personagem e de “melhor navio” é por si só um problema complexo de engenharia, e que será abordado ao longo deste texto.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo mostrar a similaridade dos conceitos pertencentes a teoria de jogo de RPG com o processo de determinação das características de uma frota de navios mercantes, tendo como variáveis o número de embarcações, o deslocamento, a velocidade, bem como as dimensões principais e coeficientes de forma de cada uma das embarcações.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar como cada atributo influencia no desempenho de um personagem de um jogo específico de RPG;
- Estabelecer uma missão que servirá como definição para a análise de eficiência (qualidade) de um personagem;
- Determinar a melhor configuração de atributos para um personagem utilizando uma calculadora especializado para RPG e conceitos de simulação;
- Estabelecer uma analogia entre a construção do personagem e o projeto de uma frota de navios mercantes;
- Construir um modelo de síntese para o projeto conceitual de uma embarcação mercante;
- Otimizar a eficiência da embarcação, relacionando capacidade de carga com o consumo necessário;
- Obter a melhor configuração para uma frota de embarcações que atuará no transporte marítimo de uma quantidade definida de contêineres, em um cenário pré-estabelecido;
- Estabelecer uma analogia entre a configuração otimizada do melhor personagem com as características da embarcação otimizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo da história da humanidade, a atividade lúdica sempre esteve presente em todas as culturas do planeta. De acordo com Batista e Saldanha (2009), até mesmo os animais apresentam o comportamento de brincar. Fortuna (2011) apresenta a ação de brincar como uma atividade fundamental para a vida do ser humano, onde a inteligência, criatividade, emoção e a imaginação são desenvolvidas com esse ato.

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos iniciais que consubstanciam o desenvolvimento proposto. O capítulo é dividido entre os fundamentos associados ao projeto de navios, seguido pelos fundamentos associados à teoria de jogos RPG. No final é apresentado um breve resumo sobre o uso de técnicas de otimização em projetos de engenharia e as considerações do cenário do transporte marítimo.

2.1 PROJETO CONCEITUAL

Em linhas gerais, o projeto tem o conceito de um esforço temporário, ou seja, finito, visando a criação e concretização de uma solução que atenda a uma demanda ou necessidade da sociedade. No âmbito da engenharia, projetar, exige recursos humanos para solucionar os problemas, tais como conhecimento técnico, experiência e criatividade (CHAME, 2014).

Tipicamente o desenvolvimento de um projeto pode ser dividido em etapas (ou fases), que permitem melhor organização e planejamento do trabalho a ser realizado. Um estudo bastante amplo das fases e etapas do processo de projeto de uma embarcação é apresentado por Moraes (2016).

Chame (2014) dá ênfase na fase inicial do projeto onde é definida a solução conceitual, que descreve as características fundamentais da embarcação. Nessa fase a concepção do produto não deve envolver decisões equivocadas, minimizando o retrabalho ao longo das fases posteriores e com isso evitando possíveis gastos

adicionais. A autora define ainda o desenvolvimento de uma embarcação em etapas, conforme o fluxograma da Figura 1.



Fonte: Chame (2014).

Segundo Rozenfeld et al. (2006 apud CHAME, 2014) é na fase informacional que se determina a viabilidade de um novo projeto, além de se coletar as informações necessárias ao seu desenvolvimento. Assim, é nessa fase que são definidas as necessidades do armador (requisitos) e as restrições do projeto.

A fase do projeto conceitual, engloba a definição das dimensões principais e coeficientes de forma, cujos valores são fundamentais para o desenvolvimento de todas as outras características do projeto; e, portanto, decisivos no desempenho da embarcação. É por essa razão que o foco deste trabalho é justamente nessa etapa do projeto.

A determinação das dimensões principais e coeficientes de forma de um navio pode ser feita usando diferentes técnicas. Entre as mais conhecidas, destacam-se o Método da Raiz Cúbica (BARRASS, 2004), Método das Embarcações Semelhantes (LAMB, 2004), Método de Equações Empíricas (PARSONS, 2003), Técnica de Projeto Baseado em Objetivos (MORAES, 2016) e pelo Método de Síntese e Otimização (TANCREDI, 2008).

Entre as diferentes características determinadas na fase do projeto conceitual, o presente trabalho foca na determinação do Comprimento (L), Boca (B), Calado (T), Coeficiente de Bloco (C_b) e Velocidade de Serviço (V_s), cuja definição bem esclarecida e otimizada influenciam diretamente no desempenho do produto final (PARSONS, 2003).

A otimização dessas dimensões, foco desse trabalho, abrange um estudo da viabilidade econômica para o armador, relacionando a capacidade de carga (Dwt) com o consumo de combustível, tendo como finalidade o transporte marítimo de uma quantidade de TEUs definida; considerando um cenário onde terá a disponibilidade de uma frota de navios idênticos para realizar a operação.

2.2 TEORIA DO JOGO DE RPG

Este trabalho visa estabelecer uma analogia entre a teoria de jogos de RPG, sigla de *Role-Playing Game* que traduzido para o português significa Jogos de Interpretação de Papéis e o projeto de embarcações mercantes descritas no capítulo anterior.

De acordo com Prietto (2012), esse estilo de jogo surgiu em meados dos anos 1960, e constitui de um momento narrativo lúdico onde personagens comandados por pessoas enfrentam desafios propostos pela aventura, narrada pelo Mestre, que coordena o jogo em si, definindo os desafios e as regras do sistema.

Uma outra modalidade dos jogos de RPG são os MMORPGs do inglês *Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*. Nessa opção vários usuários de todos os lugares do mundo interagem compartilhando o mesmo cenário de uma mesma aventura. O desempenho do personagem é governado pela habilidade do jogador e pela combinação dos atributos de seu personagem.

Para o uso desse trabalho será utilizado um banco de dados desse estilo de jogo, que está disponível através de uma calculadora online.

Os principais elementos que constituem a mecânica dos jogos de RPG são:

Personagem: cada jogador interpreta um personagem, que tem seus atributos definidos em uma ficha (ou arquivo). De acordo com MMOSGAME (2017) essa ficha pode conter pontos distribuídos em:

- Força: Define o poder físico, capacidade de causar danos a um adversário e capacidade de carregar uma maior quantidade de itens;
- Agilidade: Define a capacidade de se esquivar dos ataques dos inimigos;
- Vitalidade: Diretamente relacionado com o HP (Health Points – Pontos de Saúde) e da defesa física;
- Inteligência: Mede a rapidez do raciocínio e o grau com que o personagem aprende novas habilidades;
- Destreza: Representa a velocidade com que o personagem se move e executa suas ações;
- Sorte: Tem influência em acertos de ações de alto grau de dificuldade.

Narrativa e Aventura: a narrativa pressupõe interações entre os personagens, o mestre deve conduzir o jogo impondo situações e descrevendo cenários com qual os personagens devem interagir (SALES, 2013). Rumos diferentes para a narrativa podem ser tomados dependendo das decisões dos jogadores (ALMEIDA, 2008). Já a aventura pode ser entendida como a missão da experiência, um objetivo final, que deve ser completada pelos jogadores. Normalmente essas aventuras demoram horas, podendo se estender por dias, semanas ou meses, estabelecendo campanhas a serem vencidas (SALES, 2013).

Mecânica e Regras: o RPG tem um mecanismo que se baseia em uma simulação de um mundo de ficção ou fantasia (ROUSE, 2017). Os personagens devem seguir as ordens do Mestre (normalmente o narrador) resolvendo conflitos de acordo com a sua estratégia e seus atributos.

Um manual pode ditar as regras, essas que estabelecem tais ações possíveis de serem executadas pelos jogadores (SALES, 2013). Como por exemplo, a quantidade de objetos que um personagem pode carregar. Andrade et al. (2011) ressaltam que para determinar se uma ação pode ou não ser realizada, utiliza-se um intervalo de números aleatórios colocado contra o valor do atributo, atributos com valores definidos pela parcela dos pontos disponível, utilizada em cada um. Caso seu personagem tenha pontos suficiente, a ação é executada.

As batalhas estão ligadas diretamente com as regras, de modo que no engajamento entre dois personagens em uma disputa, são utilizados os atributos e habilidades para causar dano ao adversário (CAMARGO, 2013). Conseqüentemente, a cada dano causado, há uma perda de pontos de vida. A batalha termina quando um dos dois personagens perca todos os pontos de vida, dado assim um vencedor da batalha (DAYBSON, 2017). Durante as batalhas, a efetividade dos golpes é definida do mesmo modo como são executadas as ações, de acordo com intervalo necessário de pontos e seus respectivos valores de atributos.

Conforme Camargo (2013), a vitória nos jogos de RPG é alcançada de forma gradual ao cumprimento de objetivos ou missões: coletar um objeto, derrotar um inimigo, resgatar um personagem. Existe um objetivo foco, dentro de uma aventura que, quando alcançado, determina a conclusão da aventura.

2.3 OTIMIZAÇÃO APLICADA NA ENGENHARIA

O atual cenário de mercados altamente competitivos exige que as empresas busquem constantemente inovações que são fundamentais para o seu crescimento no mercado, bem como melhorias nos processos e produtos que desenvolvem.

A busca dos valores de um conjunto de características que minimizem (ou maximizem) uma função dessas características, é justamente parte da definição de otimização, pois segundo Tancredi (2008), pode-se, portanto, definir o processo de otimização como a busca automática, sistemática e dirigida para obter a melhor solução dentro do universo de soluções existentes.

Assim, o uso de técnicas de otimização representa grande potencial para os atuais paradigmas de realização de projetos de engenharia. De acordo com Lobato (2008), a otimização traz como vantagens: diminuir o tempo dedicado ao projeto, possibilitar o tratamento simultâneo de uma grande quantidade de variáveis e restrições de difícil visualização gráfica e possibilita a obtenção de melhorias com menor custo.

No entanto é sempre importante observar que como destaca Tancredi (2008):

“O computador não substituirá o engenheiro; ao contrário, o poder de cálculo do computador permitirá ao engenheiro analisar um número maior de alternativas em menor tempo. Essa maior capacidade de análise permitirá ao projetista ser mais arrojado, propor soluções inovadoras ou mesmo ter a certeza de que a solução escolhida seja a “melhor” solução para o problema em questão.” (p. 16).

Assim, nessa nova abordagem de projeto otimizado, o trabalho principal do engenheiro passa a não ser mais o de realizar cálculos associados as análises do projeto. Mas sim desenvolver um modelo de síntese que permita relacionar as variáveis que descrevem o projeto com os modelos de análise de desempenho da solução.

Portanto, a construção de um modelo de síntese associado a um projeto de engenharia consiste da definição dos seguintes elementos:

- Variáveis de projeto: representam as características do projeto que necessitam ser definidas pelo projetista. Essas variáveis são consideradas determinísticas e podem apresentar um espectro contínuo ou valores discretos.

- Função objetivo: consiste de uma função das variáveis de projeto e que define um parâmetro o qual deseja-se otimizar. Em engenharia, as vezes tal função não é explícita e pode ser resultado de uma análise numérica ou de simulação.
- Restrições: consiste de um conjunto de funções das variáveis de projeto e que estabelecem restrições que devem ser respeitadas pelo projeto. (TANCREDI, 2008).
- Procedimento ou algoritmo: consiste de um processo racional de busca da solução ótima. A escolha do método a ser utilizado é vinculada à natureza do problema, dependendo do número e tipo de funções objetivo, das restrições e do número de variáveis dependentes ou independentes.
- Critério de parada: consiste no critério utilizado para indicar a convergência do processo de otimização. Em geral, trata-se de um limite de variação da função objetivo ou então um número máximo de iterações.

O processo de otimização pode ser muito útil na engenharia, um típico problema de engenharia, na área de planejamento de produção é apresentado por Tancredi (2008).

“Uma empresa pode fabricar dois produtos (1 e 2). Na fabricação do produto 1 a empresa gasta nove horas-homem e três horas-máquina (a tecnologia utilizada é intensiva em mão-de-obra). Na fabricação do produto 2 a empresa gasta uma hora-homem e uma hora-máquina (a tecnologia é intensiva em capital). Sendo x_1 e x_2 as quantidades fabricadas dos produtos 1 e 2 e sabendo-se que a empresa dispõe de 18 horas-homem e 12 horas-máquina e ainda que os lucros dos produtos são \$4 e \$1 respectivamente, quanto deve a empresa fabricar de cada produto para obter o maior lucro possível?” (p.135).

Apresentado o problema, fica a cargo do engenheiro definir a função objetivo que melhor representa a análise, bem como as variáveis de projeto, e por fim, as restrições associadas ao projeto.

2.4 OPERAÇÃO PROBLEMA SOBRE O NAVIO E ROTA

A classe do navio utilizado para esta análise é do tipo porta-contêiner. Tal escolha deve-se apenas ao fato de restringir o escopo do problema à um navio amplamente utilizado e com farta bibliografia disponível.

2.4.1 Navios Porta-Contêiner

Segundo Lamb (2003), navios porta-contêiner são embarcações que praticam o transporte de carga padronizadas¹ entre portos e terminais portuários. Os contêineres podem ser transportados sobre o convés e/ou dentro dos porões de carga.

Ainda segundo Lamb (2003), as características desses navios são estabelecidas dado um serviço proposto, como por exemplo: a velocidade requerida, a rota de navegação, número e tipo de contêineres a serem transportados e pelo peso da carga.

O carregamento e descarregamento de contêineres é realizado por meio de guindastes ou portêineres, cuja eficiência depende especialmente da infraestrutura proporcionada pelo terminal. Conforme a tecnologia presente nesses portos, a operação pode ser mais rápida e permitir uma maior capacidade de movimentação de cargas.

Na Figura 2 pode-se observar o OOCL Hong Kong, considerado o maior navio porta-contêiner já construído até hoje e que foi projetado pela Samsung Heavy Industries, de Hong Kong. Apresenta a capacidade de 21.413 TEUs, um comprimento de 399,87 metros, boca de 58,80 metros e um pontal de 32,50 metros. A rota planejada para o projeto consiste na viagem da China até a Europa (OOCL, 2018).

Figura 2 - Navio Porta-Contêiner OOCL Hong Kong



Fonte: ShipsPosting (2018).

¹ Na forma de contêiner. O aprofundamento sobre a padronização das cargas e os tipos de contêineres foge ao escopo desse trabalho, mas pode ser encontrado em fartíssima bibliografia sobre o assunto.

Na Figura 3 pode-se observar o porto de Itapoá e seus respectivos portêineres. Itapoá é um dos principais portos do Brasil, composto por dois berços de atracação, com um calado de até 16 metros e com a disponibilidade de seis portêineres do tipo Super Post-Panamax (PORTO ITAPOÁ, 2018).

Figura 3 - Portêineres do Porto de Itapoá



Fonte: Porto Itapoá (2018).

2.4.2 Rota

De acordo com Smith (2003), o transporte marítimo em 1776, era de suma importância para o desenvolvimento de países costeiros. Segundo ele, o desenvolvimento chegava primeiro nessas regiões, causado pelo transporte marítimo, onde o primeiro contato com novo território era feito, e, posteriormente, se irradiava para o resto do continente. Souza (2016) cita que o crescimento econômico, é determinado pelo tamanho dos mercados que, por sua vez, têm a necessidade de meios rápidos e baratos para ligar regiões.

Adaptando-se ao mercado atual, este trabalho irá propor uma rota entre a América do Sul e a Europa, mais precisamente entre Brasil e Holanda. No Brasil o ponto de partida será o porto de Santos, localizado no estado de São Paulo, tendo como destino o porto de Roterdã, na Holanda. Os dois portos estão entre os maiores e mais importantes do mundo, e possuem características que compatíveis com o problema estudado.

No Brasil, o porto de Santos apresenta características como o calado máximo permitido de 13,20 metros (SANTOS BRASIL, 2018), sendo, portanto, uma restrição de projeto a ser considerada. Outra informação relevante deste porto é a movimentação por horas que o terminal de contêineres está apto a realizar. De acordo com a empresa Santos Brasil (2018), no mês de março de 2016 o terminal de contêineres apresentou uma média de 110,02 movimentos por hora (MPH).

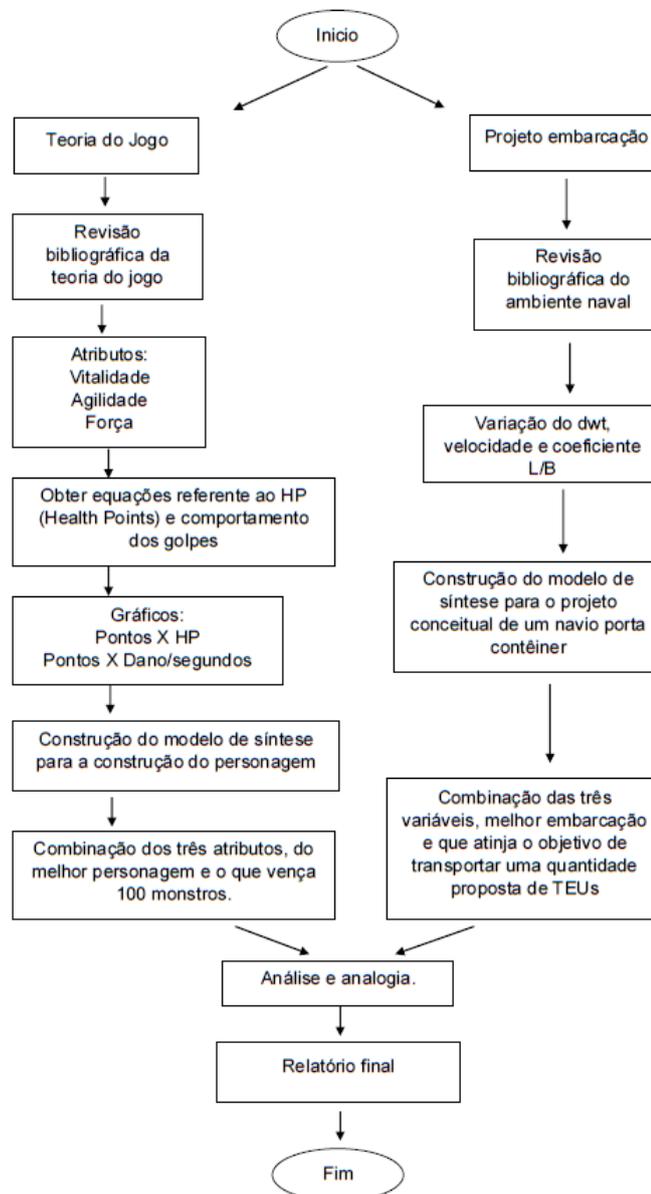
Na Holanda, o porto de Roterdã atende navios de no máximo 24 metros de calado. O maior porto da Europa dispõe de uma movimentação de contêineres quase três vezes maior que a do porto de Santos, onde o terminal da APM Terminais movimentou sozinho em 2016, 2,7 milhões de TEUs, resultando em 308,22 movimentos por hora (MPH) (APM, 2018).

A posição de ambos os portos pode ser vista em detalhes no Apêndice A. Segundo o Distance (2018), a rota entre Santos e Roterdã apresenta uma distância de 10121,62 km (5465,24 milhas náuticas), que definem a pernada proposta para o problema. Já a duração da viagem dependerá da velocidade em que a embarcação irá navegar.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia, cujo processo de desenvolvimento encontra-se representado na Figura 4.

Figura 4 – Etapas do Desenvolvimento deste Trabalho



Fonte: Autor (2018).

Conforme descrito na introdução, esse trabalho busca a correlação entre dois problemas aparentemente bastante distintos, mas que, em essência, possuem a mesma natureza.

Em relação ao problema associado a construção de um personagem de RPG, as simulações do desempenho do personagem foram feitas usando uma calculadora específica programada com as regras do jogo, e disponível online para todos os usuários (IW STAT SIMULATOR, 2018). Utilizando-se essa ferramenta, variou-se sistematicamente os atributos do personagem, e a cada variação, os dados de desempenho foram armazenados em uma planilha eletrônica do tipo Excel®.

Os atributos analisados consistiram na vitalidade, agilidade e na força. Os parâmetros de desempenho do personagem foram a quantidade de vida do personagem (HP) e o dano que o personagem é capaz de causar a um mostro estabelecido, bem como o dano sofrido pelo ataque deste monstro.

A análise sistemática, constituiu inicialmente em determinar o HP resultante da variação individual de cada atributo. Em seguida, o mesmo processo foi aplicado para determinar a influência de cada atributo nos danos causado e sofrido pelo personagem em uma batalha contra um monstro específico.

Com auxílio da ferramenta Excel®, os dados foram tabulados e analisados; gerando modelos empíricos que correlacionam as características do personagem com os atributos de desempenho em batalha. As equações desenvolvidas nessa fase foram então reunidas em um modelo de síntese desenvolvido também na forma de uma planilha Excel®.

No ambiente naval, o modelo de síntese desenvolvido também foi construído em uma planilha Excel®, tendo como base os modelos empíricos disponíveis na literatura e que foram descritos na fundamentação teórica apresentada no capítulo anterior.

A descrição de ambos os modelos de síntese será aprofundada no próximo capítulo.

Por fim, o programa ModeFRONTIER foi utilizado para aplicar a técnica de otimização baseada no algoritmo genético NSGA-II (Apêndice B), permitindo a análise dos diferentes cenários estudados neste trabalho.

4 DESENVOLVIMENTO: ANÁLISE AMBIENTE RPG

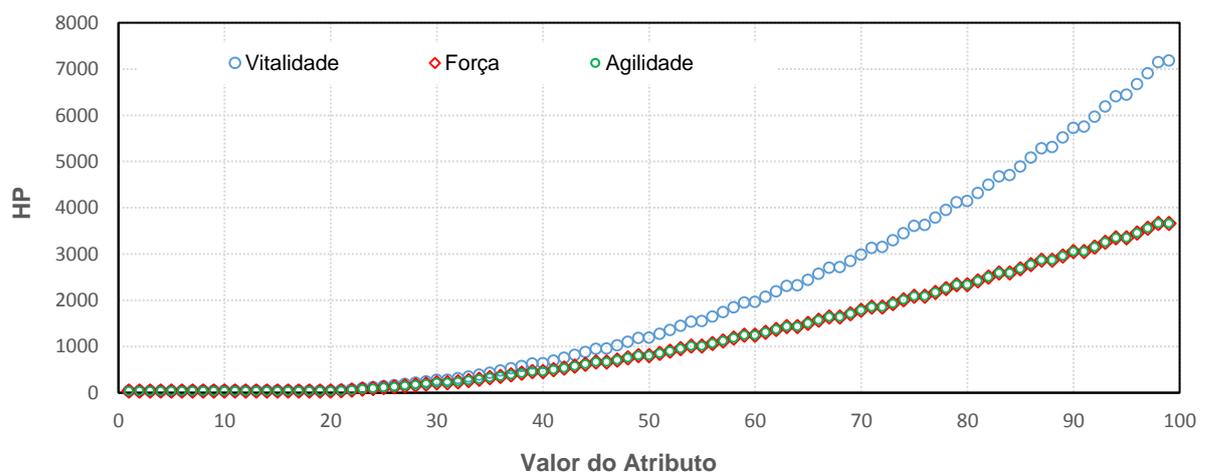
Seguindo a metodologia descrita no capítulo anterior, neste capítulo apresenta o desenvolvimento do modelo de síntese, bem como os resultados dos diferentes cenários analisados para o problema de construção de um personagem de RPG.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS UTILIZANDO CALCULADORA ONLINE

Conforme descrito anteriormente, para a obtenção dos dados necessários para esta etapa do trabalho, foi utilizada a calculadora iW Stat Simulator, disponibilizada online. Esses dados foram tabulados e analisados em uma planilha, utilizando como ferramenta o Excel®.

Em uma primeira análise optou-se por rastrear como o HP do personagem se comportava ao se variar ponto a ponto os três atributos individualmente. Os resultados observados são mostrados Gráfico 1.

Gráfico 1 – Rastreamento do HP



Fonte: Autor (2018).

Observou-se que na análise realizada, ao se aumentar os pontos do personagem em um dos atributos, o personagem realizava a ação “subir de nível” ou “avançar de nível”, apresentando interferência nos dados coletados, pois o HP do personagem corresponde a equação:

$$HP = \text{Nivel Personagem} * Cte + F(\text{atributos}) \quad (1)$$

Onde a classe (ou tipo) do personagem tem grande influência no cálculo do atributo HP, pois as diferentes classes de personagem têm diferentes valores da Cte presente na Equação 1.

Com isso foi estabelecido que para um melhor estudo, fixar uma classe do personagem em um nível, bem como um monstro equivalente para a batalha. Partindo dos conhecimentos do jogo optou-se pela escolha de um personagem da classe Knight (cavaleiro), nível 60 e um monstro da classe Orc Warrior, nível 44, que apresentam condições de batalha compatível. Ambos os personagens são ilustrados na Figura 5, cuja representação gráfica será usada mais tarde na analogia com o projeto conceitual de uma embarcação.

Figura 5 – Personagem Knight e Monstro Orc Warrior

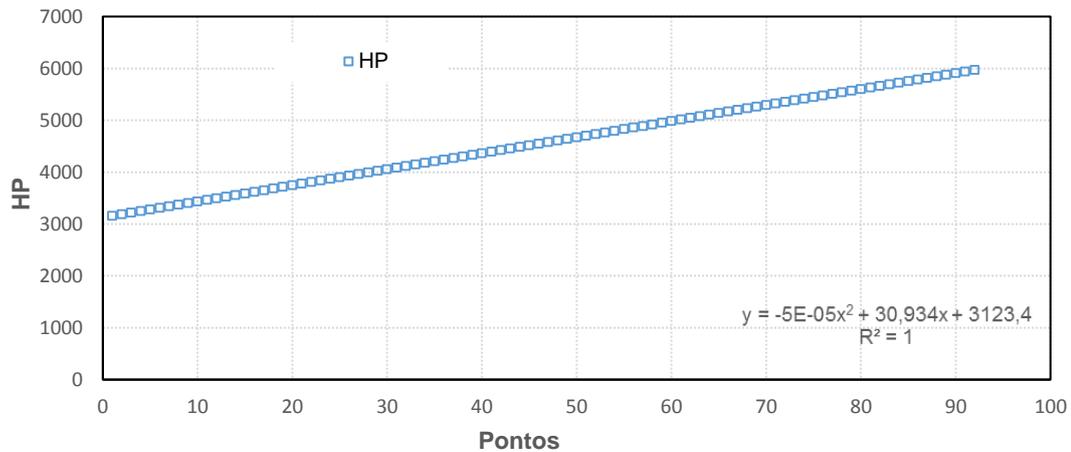


Fonte: Browiki (2018).

4.1.1 Curva do HP Referente ao Personagem Cavaleiro Nível 60

De modo a estimar o HP do personagem, a cada ponto distribuído aos atributos, observou-se que o único atributo que influencia o HP é a vitalidade, conforme mostrados os dados apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Curva do HP Devido a Variação da Vitalidade



Fonte: Autor (2018).

Com o aumento de pontos em vitalidade o personagem obtém uma maior quantidade de vida, ou seja, podendo receber mais golpes antes de morrer.

Com ajuda de uma linha de tendência conseguiu-se estabelecer a Equação 2, que demonstra como o HP do personagem reage em função do valor atribuído a variável vitalidade.

$$HP = -5e^{-5}(Vit)^2 + 30,934(Vit) + 3123,4 \quad (2)$$

Onde *HP* é o *Health Points* e *Vit* é o valor associado a variável em vitalidade.

Neste caso, observa-se o R-quadrado referente ao polinômio revela que a linha de tendência corresponde a um ajuste excelente dos dados observados.

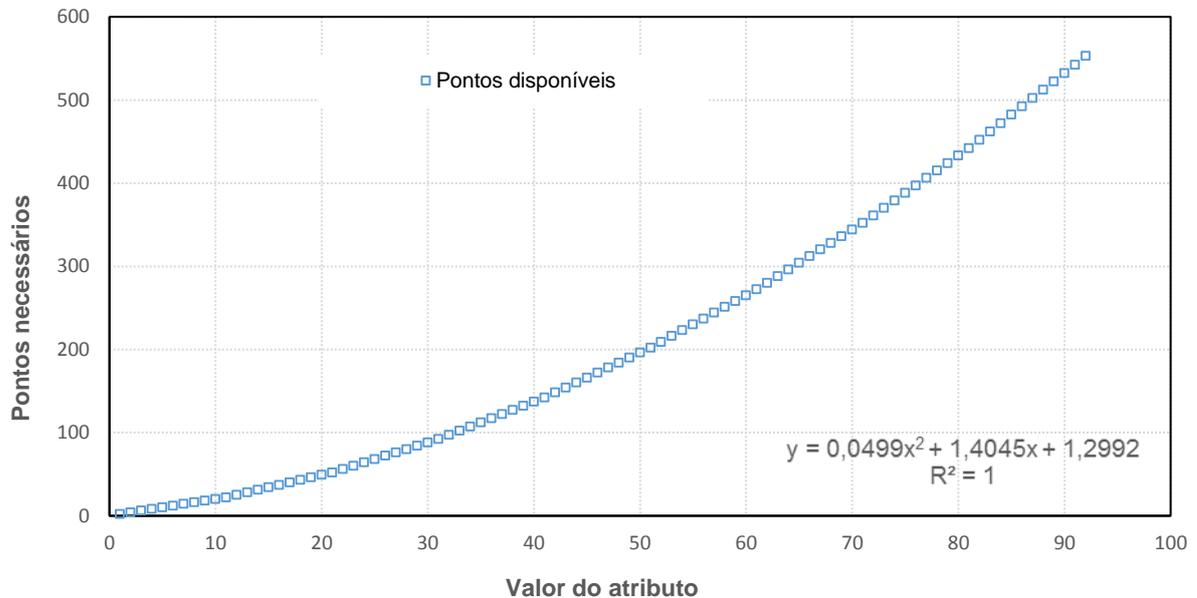
4.1.2 Curva dos Pontos Disponível

A primeira restrição do modelo refere-se à quantidade de pontos disponíveis a serem usados na construção do personagem. É importante observar que na mecânica do jogo considerado, cada valor de um atributo corresponde a uma diferente quantidade de pontos utilizados.

No Gráfico 3 é mostrado o comportamento da quantidade necessária de pontos para cada valor possível para um determinado atributo do personagem.

Observou-se que a curva mostrada no Gráfico 3 é a mesma para os 3 atributos analisados na construção do personagem.

Gráfico 3 – Pontos Necessários para Cada Valor de um Atributo



Fonte: Autor (2018).

Observando o gráfico, verifica-se que para o Nível 60, definido anteriormente, o número de pontos que podem ser utilizados na construção do personagem é de 555, distribuídos de entre os três atributos. Assim a primeira restrição do modelo de síntese é baseada na Equação 3, onde *Vit* corresponde ao número de pontos em vitalidade, *For* ao número de pontos em força e *Agi* ao número de pontos em agilidade.

$$555 \leq [(0,0499(Vit)^2 + 1,4045(Vit) + 1,2992) + (0,0499(For)^2 + 1,4045(For) + 1,2992) + (0,0499(Agi)^2 + 1,4045(Agi) + 1,2992)] \quad (3)$$

4.1.3 Danos Causados pelo Personagem ao Monstro

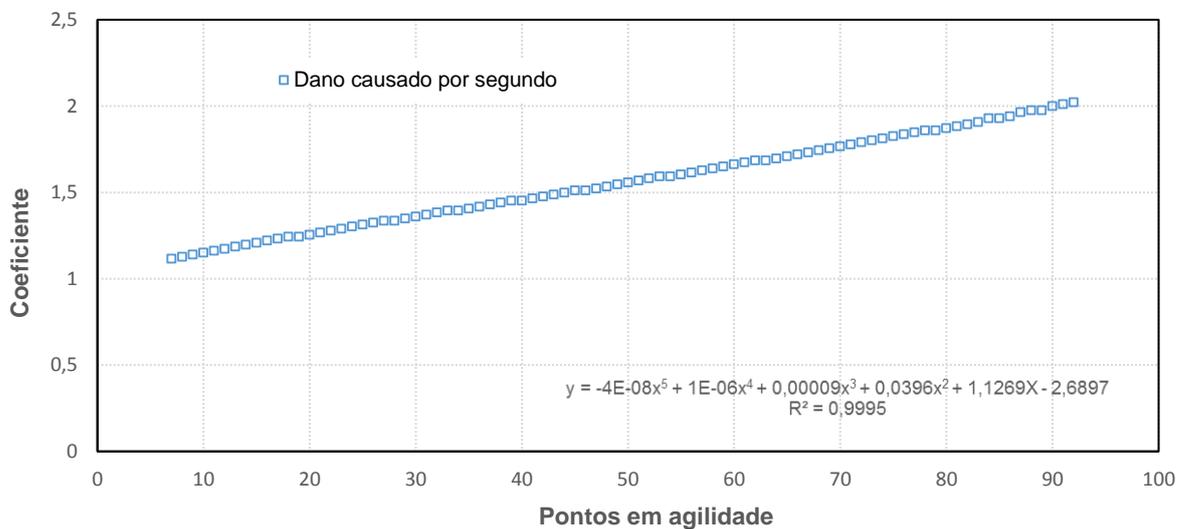
Quando se analisa o dano causado pelo personagem ao monstro, observa-se que esse leva um valor base em questão, o qual é modificado em função de coeficientes decorrentes de dois atributos: agilidade e força.

A agilidade define quantos golpes o personagem defere por segundo, enquanto a força determina o dano que cada golpe causa ao monstro.

A determinação de ambos os coeficientes seguiu o mesmo procedimento de análise isolada já descrito anteriormente.

O valor de dano base causado pelo personagem é de 0,86, que corresponde ao dano causado pelo personagem que possui 1 ponto de agilidade e 1 ponto de força. No Gráfico 4, pode-se observar como se comporta o coeficiente de danos por segundo, conforme a agilidade do personagem.

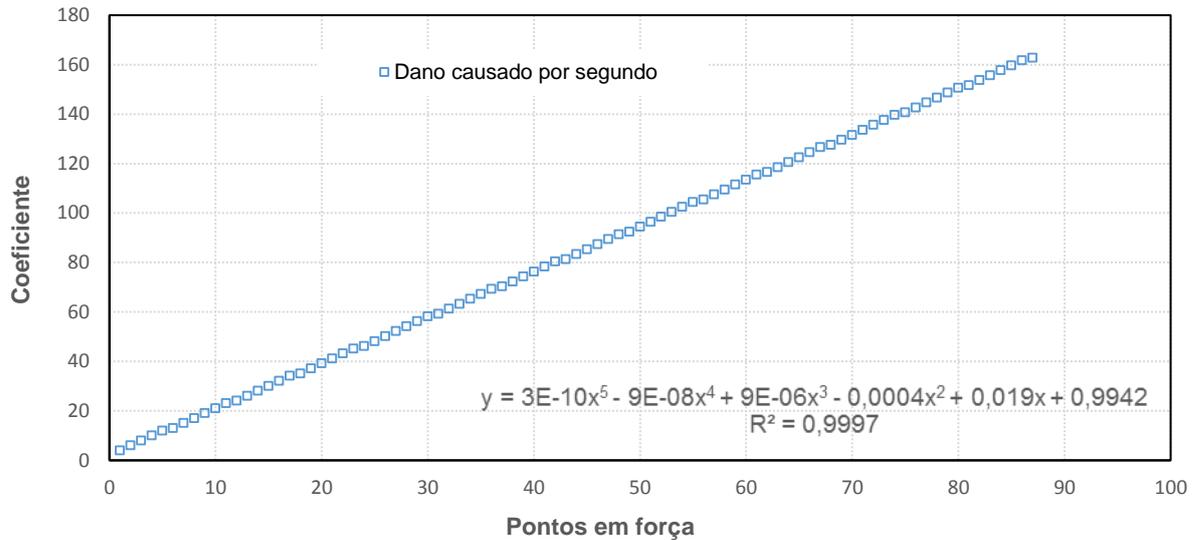
Gráfico 4 – Coeficiente do Dano Causado pela Agilidade



Fonte: Autor (2018).

Com o aumento dos pontos de agilidade observa-se um leve acréscimo no valor do coeficiente, o que representa a capacidade de realizar mais golpes por segundo. Por fim, no Gráfico 5 é mostrada a influência do atributo força no dano por segundo causado pelo personagem durante a batalha.

Gráfico 5 – Coeficiente do Dano Causado pela Força



Fonte: Autor (2018).

Fica evidente que, através da curva apresentada, com o aumento da força o personagem tem a competência de bater com eficiência, ou seja, com mais poder em cada golpe, como previsto pela lógica do atributo. Com isso, pode-se chegar à Equação 4, que define o dano por segundo do personagem em qualquer batalha, onde a *For* representa a força do personagem e *Agi*, a agilidade do personagem.

$$\frac{Danos}{s} = \text{Dano Base} * \text{Multiplicador Agi} * \text{Multiplicador For} \quad (4)$$

Onde:

- *Dano Base* = 0,86
- *Multiplicador Agi* = $-0,00000004(Agi)^5 + 0,00001(Agi)^4 + 0,0009(Agi)^3 + 0,0396(Agi)^2 + 1,1269 * Agi - 2,6897$
- *Multiplicador For* = $0,0000000003(For)^5 - 0,00000009(For)^4 + 0,000009(For)^3 - 0,0004(For)^2 + 0,019 * (For) + 0,9942$

4.1.4 Dano Causado pelo Monstro no Personagem

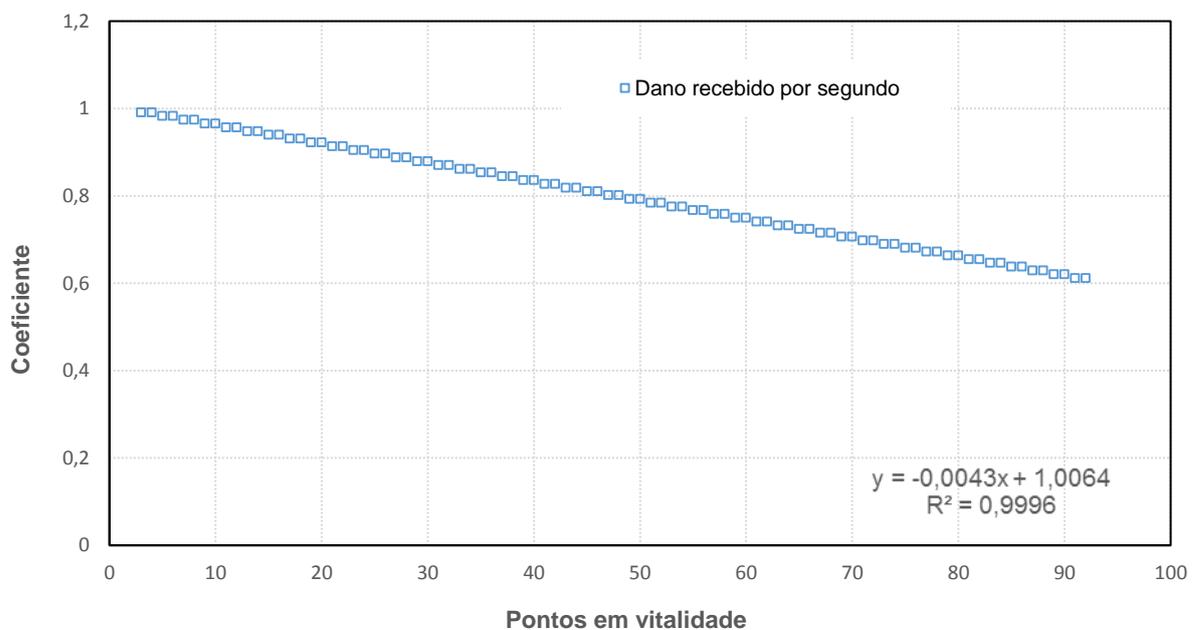
Esse atributo pode ser interpretado de duas maneiras. Na primeira, refere-se ao dano causado pelo monstro ao personagem, ou então, pode ser entendido como sendo o dano recebido pelo personagem e causado pelo Monstro.

Ao analisar esse parâmetro, percebe-se que ele é influenciado pela vitalidade e pela agilidade do personagem. O valor de agilidade define a porcentagem de golpes que o personagem será capaz de esquivar, enquanto a vitalidade; define a redução aplicada ao dano recebido.

O comportamento é análogo ao observado na análise do dano causado pelo personagem, porém, o valor base é multiplicado por um coeficiente que depende da vitalidade e outro que depende da agilidade do personagem.

O valor base neste caso é de 116, que corresponde ao dano recebido por um personagem que possui 1 ponto de vitalidade e 1 ponto de agilidade. No Gráfico 6 é mostrado o comportamento do coeficiente de redução do dano recebido por segundo em função da vitalidade do personagem.

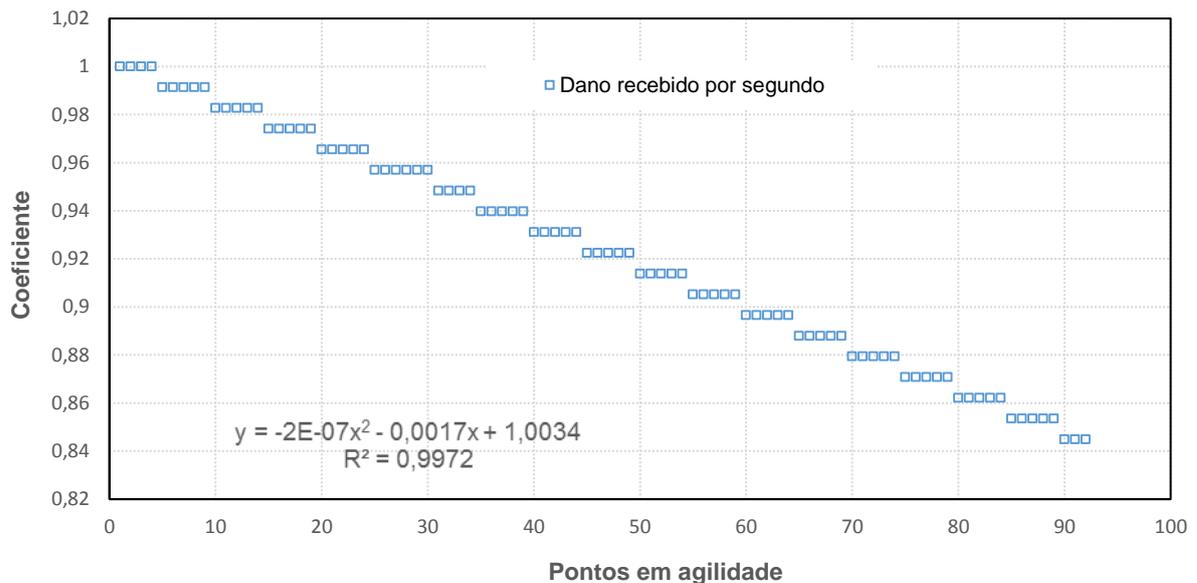
Gráfico 6 – Coeficiente do Dano Recebido pela Vitalidade



Fonte: Autor (2018).

No decorrer do aumento dos pontos de vitalidade, constata-se uma queda do coeficiente. Sendo assim o dano dos golpes recebidos é reduzido com aumento gradativo desse atributo. Por fim, a influência do atributo agilidade no dano recebido pelo personagem é mostrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Coeficiente do Dano Recebido pela Agilidade



Fonte: Autor (2018).

Neste caso, fica evidente a representação da agilidade, que traz por natureza a atividade de esquivar-se dos golpes. Deste modo, chega-se na Equação 5, que expressa o valor do dano por segundo recebido pelo personagem.

$$\frac{\text{Danos}}{s} = \text{Dano Base} * \text{Multiplicador Agi} * \text{Multiplicador Vit} \quad (5)$$

Onde:

- $\text{Dano Base} = 116$
- $\text{Multiplicador Agi} = -0,0000002(\text{Agi})^2 - 0,0017 * \text{Agi} + 1,0034$
- $\text{Multiplicador Vit} = -0,0043 * \text{Vit} + 1,0064$

4.2 ESTUDO DE CASO MENOR TEMPO DE BATALHA

O modelo de síntese desenvolvido considera os valores de cada um dos 3 atributos considerados para o personagem (força, agilidade e vitalidade) como variáveis de projeto, cujos valores podem variar entre 1 e 99.

As funções de desempenho que, dependendo do cenário analisado, podem ser consideradas funções objetivo, são as funções dano causado (Equação 4) e dano recebido (Equação 5).

Como restrição de projeto, considera-se que a soma dos pontos utilizados na construção do personagem deve ser inferior ao limite de pontos disponíveis, que nesse caso vale 555.

Uma vez construído o modelo de síntese, nessa primeira etapa considera-se que o objetivo é minimizar o tempo de batalha, ou seja, a combinação de atributos para a qual o personagem mata o monstro no menor tempo possível, respeitando a restrição de pontos disponível.

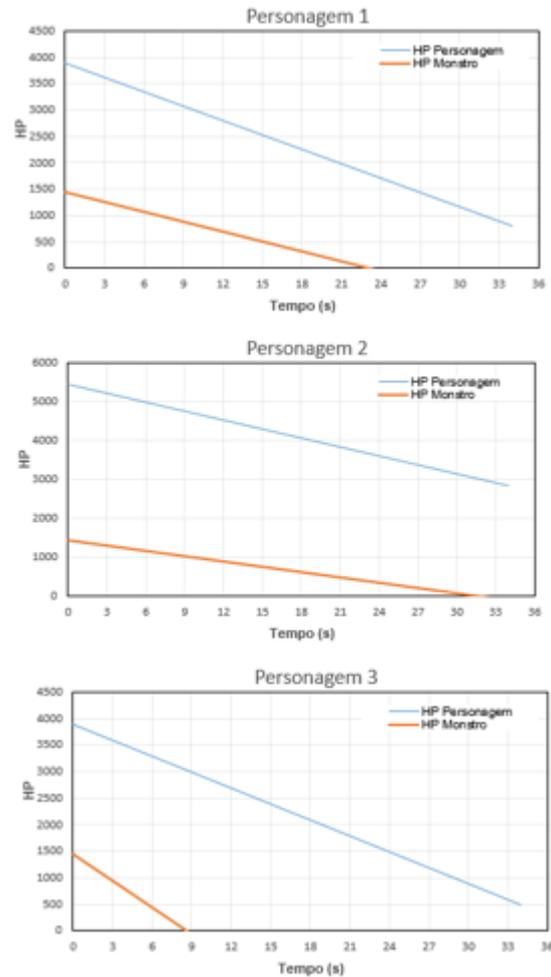
Inicialmente verifica-se se o problema de fato possui potencial para otimização. Na Tabela 1 são mostrados 3 personagens com combinações de atributos diferentes e, na Figura 6, seus respectivos desempenhos durante uma única batalha contra o monstro definido para o problema.

Tabela 1 – Desempenho em Batalha de 3 Personagens Diferentes

Parâmetros	Personagem 1	Personagem 2	Personagem 3
Força	25	25	75
Agilidade	75	25	25
Vitalidade	25	75	25
Restrição 1 (pts)	Respeita	Respeita	Respeita
Dano causado (HP/s)	62,47	45,31	167,12
Dano recebidos (HP/s)	91,21	76,22	100,18
Morte Personagem (s)	42,72	71,41	38,90
Morte Monstro (s)	22,96	31,65	8,58
Tempo de batalha (s)	22,96	31,65	8,58
Ganhador	Personagem	Personagem	Personagem
Vida restante Personagem (HP)	1802,79	3030,86	3037,05
Vida restante Monstro (HP)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autor (2018).

Figura 6 – Desempenhos em Batalha dos 3 Personagens da Tabela 1



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 6 é possível verificar como um determinado personagem se comporta durante uma simulação de batalha. No início da batalha (tempo igual a 0), ambos os personagens possuem o HP original. Com o passar do tempo, o HP do monstro e do personagem são reduzidos de acordo com as equações que definem o dano causado e recebido pelo personagem. Determina-se o final da batalha quando o HP de um dos lutadores atinge um valor negativo.

Na Tabela 1 são mostrados os dados completos referentes as 3 simulações de batalha representadas na Figura 6, indicando: danos por segundo causados, danos por segundo recebidos, morte do personagem em segundos, morte do monstro em segundos, tempo da batalha, ganhador da batalha, vida restante do Personagem em HP e a vida restante do Monstro em HP.

Aqueles que conhecem a fundo a mecânica de um jogo RPG, devem ter percebido que a simulação ignorou a regeneração do HP do personagem durante a batalha. De fato, considerou-se essa simplificação do modelo, visto que as batalhas são consideradas curtas o suficiente para que a regeneração durante a batalha não seja significativa.

É interessante observar que embora os personagens tenham desempenho matemático diferente, muitas vezes o que define a construção de um personagem de RPG é o estilo do jogador. Alguns jogadores podem preferir um estilo definido pela classe cavaleiro (alta força), outros podem preferir um estilo definido pela classe assassino (alta velocidade).

Por fim, observa-se que em muitos casos os jogos valorizam a cooperação entre usuários, assim é possível construir personagens especializados em uma única função: causar danos ou receber danos. Nesse caso os jogadores devem cooperar para extrair o melhor de seus personagens. Um arranjo típico desse tipo de colaboração inclui a parceria mostrada na Figura 7, onde o sacerdote com alta vitalidade recebe o dano, enquanto o caçador causa muito dano ao monstro adversário.

Figura 7 – Combinação Típica Utilizada em Batalhas no RPG



Fonte: Autor (2018).

4.2.1 Processo de Otimização

Conforme descrito na fundamentação teórica, para executar a otimização visando determinar a combinação de atributos que minimiza o tempo de batalha, utilizou-se o algoritmo NSGA-II, disponível no programa ModeFRONTIER.

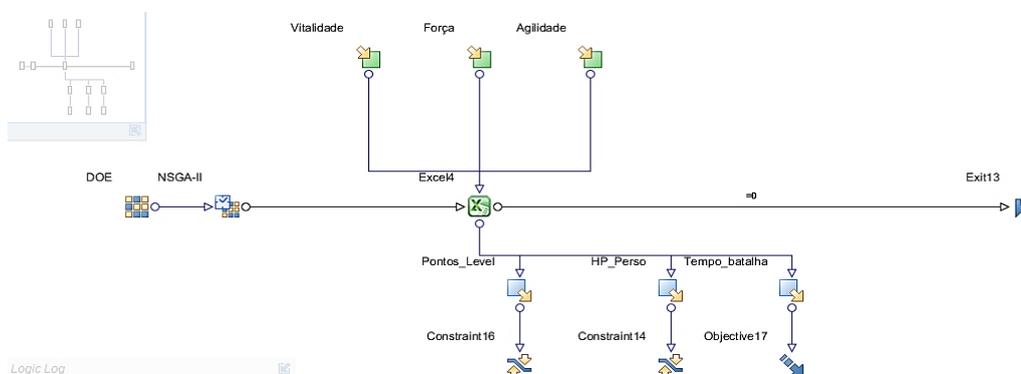
O esquema utilizado no procedimento de otimização pode ser visto na Figura 8. As variáveis são representadas pelos ícones em verde na parte superior do diagrama e correspondem aos três atributos: agilidade, força e vitalidade, podendo variar de 1 a 99 pontos, com *step* de 1.

Utiliza-se duas restrições, uma para atender a restrição de total de pontos usados na construção do personagem ('Constraint 16') e outra para que o HP do Personagem seja positivo ao final da luta ('Constraint 14'). A restrição de HP do personagem positivo ao final da luta não chegou a ser discutida durante a construção do modelo de síntese. No entanto, trata-se de uma restrição óbvia, pois deseja-se não apenas que o personagem otimizado termine a luta no menor tempo possível, mas que também seja o vencedor da batalha.

A seguir observa-se a função objetivo ('Objective 17'), a qual define o tempo de duração da batalha.

Além disso, o esquema apresenta a base de dados (DOE), que utiliza o algoritmo Sobol², o qual é utilizado para gerar a população inicial utilizada pelo algoritmo NSGA-II

Figura 8 – Fluxograma de Otimização para Redução do Tempo de Batalha



Fonte: Autor (2018).

² Algoritmo similar ao randômico, porém que consegue varrer o universo de amostras de forma mais homogênea (MODEFRONTIER, 2013)

Baseado em rápidas avaliações e trabalhos anteriores, optou-se por configurar o algoritmo NSGA-II para uma população inicial de 25 indivíduos e um total de 100 gerações, resultando em um máximo de 2500 possíveis combinações avaliadas durante o processo de otimização.

4.2.2 Resultados da Combinação de Menor Tempo de Batalha

Nesta seção são apresentados os resultados da análise realizada pelo algoritmo NSGA-II, onde as 2500 possíveis combinações testadas não apresentaram nenhum erro real, apenas sendo banidas pelas restrições impostas, adotadas pelas equações já discutidas em capítulos anteriores.

Das 2500 iterações obteve-se um total de 1532 soluções viáveis (61,28%), onde ocorre a vitória na batalha e o personagem respeita o limite de pontos utilizados na construção.

O resultado final indica que a melhor combinação dos atributos é dada por 32 pontos em agilidade, 82 pontos em força e 2 pontos em vitalidade. Com essa configuração a batalha tem uma duração de 7,265 segundos, o personagem sendo vitorioso com um HP final de 2387,44, ou seja, 74,95% do HP inicial.

Tendo em vista esse resultado, pode-se observar que, para o personagem ganhar a batalha, é vantajoso utilizar os pontos no atributo de força, onde golpes mais fortes fazem com que a vida do monstro esgote mais rapidamente. Gastar pontos em vitalidade é algo não eficaz. Se olharmos para a curva de HP decorrente da mudança de pontos em vitalidade, nota-se que um ponto gasto neste atributo ocasiona uma pequena mudança no HP, nada muito intenso.

4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE A REGENERAÇÃO

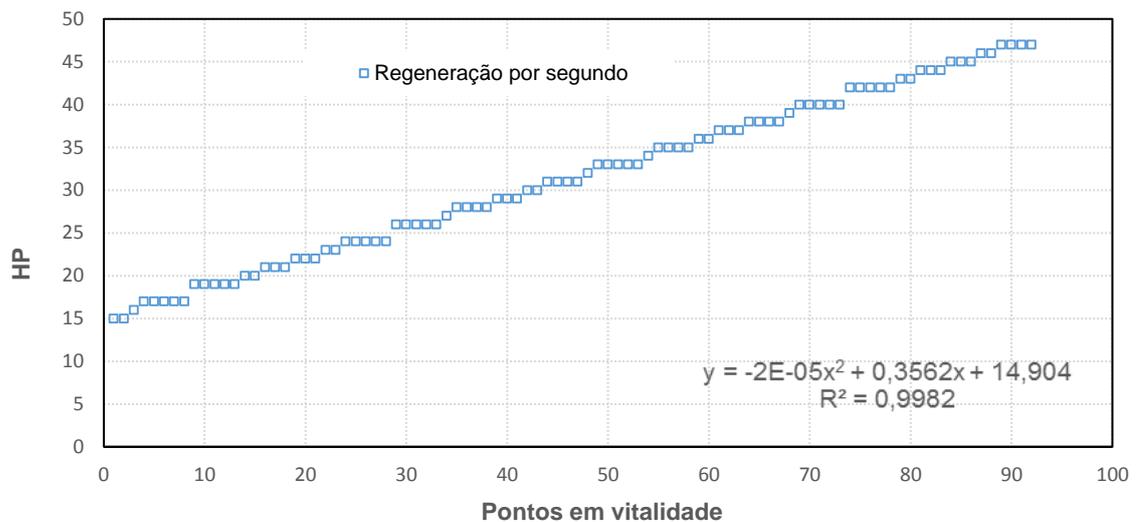
Nesta abordagem, parte-se para uma análise voltada a uma sequência de batalhas realizadas pelo mesmo personagem, onde será feito a procura da melhor combinação dos três atributos que vencerá 100 monstros, levando em conta o tempo necessário para o personagem se regenerar entre uma batalha e outra.

4.3.1 Levantamento de Dados sobre a Regeneração do Personagem

A regeneração é ação necessária para quantificar o tempo que um personagem leva para recuperar a sua vida inicial, visto que em uma batalha os golpes sofridos (ou recebidos) fazem com que sua vida diminua. Essa capacidade guarda relação com a capacidade que os seres têm de se recuperar de danos causados a ele, ou de mudança de seu estado físico, retornando para o estado original (PROELIIS, 2018).

Para obtenção destes dados, uma nova análise na calculadora online foi necessária, mostrando que o comportamento dessa nova curva é influenciado apenas por um só atributo, a vitalidade. Com a variação dos pontos em vitalidade, os dados são tabulados e mostrados no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Capacidade do Personagem de Regenerar



Fonte: Autor (2018).

Conforme pode ser visto no Gráfico 8, quanto maior for o valor do atributo vitalidade, maior será a taxa de regeneração (HP por segundo) do personagem, diminuindo o tempo de espera necessário antes de uma nova batalha. A Equação 6, obtida da Gráfico 8, determina a taxa de regeneração do personagem, sendo que o parâmetro *Vit* representa o valor do atributo vitalidade.

$$\frac{HP}{s} = -2e^{-5}(Vit)^2 + 0,3562(Vit) + 14,904 \quad (6)$$

4.4 ESTUDO DE CASO COM A REGENERAÇÃO

Com a implementação da Equação 5 no modelo de síntese, é possível realizar uma nova abordagem de análise.

Nesta segunda abordagem, o objetivo proposto passa a ser o de determinar uma configuração capaz de vencer 100 batalhas seguidas, incluindo-se o tempo de recuperação necessário entre uma batalha e outra. Assim, a nova função objetivo para a ser definida pela Equação 7.

$$\text{Tempo matar 100} = (\text{Tempo de batalha} * 100) + (\text{Tempo de regeneração} * 99) \quad (7)$$

A exemplo da abordagem anterior, na Tabela 2 é mostrado o desempenho durante 100 batalhas para 3 configurações de personagens diferentes, mostrando que existe potencial para a aplicação de técnicas de otimização a esse problema.

Tabela 2 – Componentes Necessários para Cálculos da Análise da Regeneração

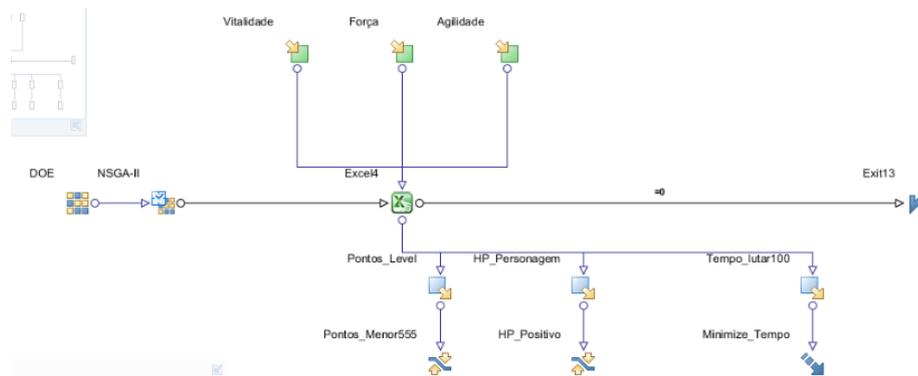
Parâmetros	Personagem 1	Personagem 2	Personagem 3
Força	25	25	75
Agilidade	75	25	25
Vitalidade	25	75	25
Restrição 1 (pts)	Respeita	Respeita	Respeita
Dano causado (HP/s)	62,47	45,31	167,12
Dano recebido (HP/s)	91,21	76,22	100,18
Morte Personagem (s)	42,72	71,41	38,90
Morte Monstro (s)	22,96	31,65	8,58
Tempo de batalha (s)	22,96	31,65	8,58
Ganhador	Personagem	Personagem	Personagem
Regeneração (HP/s)	23,79	41,49	23,79
Tempo de regeneração (s)	88,02	58,14	36,14
Tempo matar 100 Monstros (s)	10986,62	8888,75	4427,08
Vida restante Personagem (HP)	1802,79	3030,86	3037,05
Vida restante Monstro (HP)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autor (2018).

4.4.1 Processo de Otimização

O processo de otimização aplicado a esse novo cenário seguiu rigorosamente o mesmo procedimento adotado anteriormente. O esquema utilizado nesse novo procedimento de otimização pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma de Otimização para Redução do Tempo de 100 Batalhas



Fonte: Autor (2018).

Novamente podem ser observados os mesmos elementos detalhados na descrição da Figura 8. No entanto, nesse caso, a função objetivo ("Minimize_Tempo") refere-se ao tempo total decorrido para vencer 100 batalhas, o qual é definido pela Equação 7.

Cabe ressaltar que os parâmetros do algoritmo de otimização NSGA-II foram os mesmos utilizados no caso anterior: população inicial Sobol de 25 indivíduos e 100 gerações.

4.4.2 Resultados da Análise Referente ao Caso de Matar 100 Monstros

Nesta seção são apresentados os resultados da análise realizada pelo algoritmo NSGA-II, onde as 2500 possíveis combinações testadas não apresentaram nenhum erro real, apenas sendo banidas pelas restrições impostas, adotadas pelas equações já discutidas em capítulos anteriores.

Das 2500 iterações obteve-se um total de 1948 soluções viáveis (77,92%), onde ocorre a vitória nas 100 batalhas e o personagem respeita o limite de pontos utilizados na construção.

O resultado final indica que a melhor combinação dos atributos é dada por 39 pontos em agilidade, 64 pontos em força e 38 pontos em vitalidade. Com essa configuração as 100 batalhas têm uma duração de 3912,68 segundos, com o personagem sendo vitorioso com um HP final de 3442,19, ou seja, 80,07% do HP inicial.

Tendo em vista esse resultado, pode-se observar que, para o personagem ganhar a batalha, é vantajoso utilizar os pontos no atributo de força, onde golpes mais fortes fazem com que a vida do monstro esgote mais rapidamente. No entanto, nesse caso, é vantajoso transferir parte dos pontos de força para o atributo vitalidade, visando reduzir o tempo entre uma batalha e outra, conforme pode ser visto na Tabela 3, que compara as características do personagem otimizado para ambos os cenários analisados.

Tabela 3 – Comparação Personagens Otimizados

Parâmetros	Personagem Otimizado Caso 1	Personagem Otimizado Caso 2
Força	82	64
Agilidade	32	39
Vitalidade	2	38
Restrição 1 (pts)	Respeita	Respeita
Dano causado (HP/s)	197,40	153,36
Dano recebido (HP/s)	109,82	91,61
Morte Personagem (s)	29,005	46,93
Morte Monstro (s)	7,265	9,351
Tempo de batalha (s)	7,265	9,351
Ganhador	Personagem	Personagem
Regeneração (HP/s)	15,65	28,39
Tempo de regeneração (s)	50,99	30,17
Tempo matar 100 Monstros (s)	5767,84	3912,68
Vida restante Personagem (HP)	2387,44	3442,20
Vida restante Monstro (HP)	0,00	0,00

Fonte: Autor (2018).

5 DESENVOLVIMENTO: ANÁLISE AMBIENTE NAVAL

Seguindo a metodologia proposta para esse trabalho, nesta etapa é realizada a análise no ambiente naval do problema, visando determinar o valor das dimensões principais de uma embarcação porta contêineres que resultem em um projeto conceitual otimizado.

5.1 VARIÁVEIS DO PROJETO

Partindo do estudo sobre a otimização de personagem de um jogo de RPG, onde apenas três atributos foram analisados, para que a analogia seja equivalente, será feito o estudo de três características quantitativas de uma embarcação. Infelizmente a limitação de tempo associada ao desenvolvimento de um trabalho desse porte não permitiu que outras variáveis do projeto conceitual fossem exploradas. Eventualmente seria possível obter uma analogia ainda mais interessante entre os problemas, variando-se os parâmetros definidos como variável de cada um dos problemas.

Considerando que a embarcação a ser estudada é um navio porta-contêiner, seguir definiu-se as seguintes características como variáveis de projeto:

- Velocidade da embarcação: está diretamente relacionada com o desempenho da embarcação e a redução do tempo necessário para completar a rota proposta.
- Deslocamento: determina o porte da embarcação, sendo diretamente associado a capacidade de carga disponível, representada em unidades de TEUs.
- Coeficiente L/B : representa o índice de esbeltes do casco, sendo diretamente associado a estabilidade transversal da embarcação.

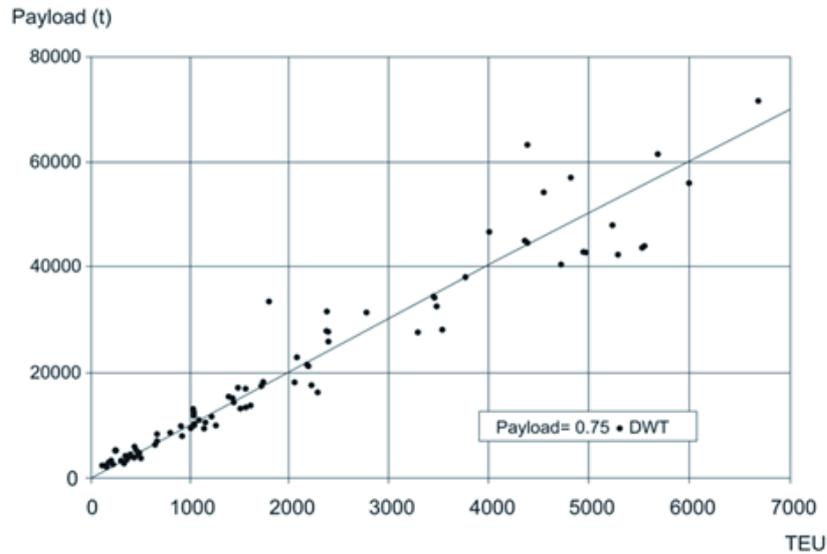
É interessante observar que o projeto de navios porta contêineres passou por diversas fases ao longo da história. Inicialmente surgiu como variação dos clássicos navios de carga geral. A seguir, se tornou uma opção especializada, sem guindastes e com amplas escotilhas de cargas. Mais tarde, ganhou contornos mais esbeltos, visando a navegação em alta velocidade (em torno de 22 nós), dando origem a classe de navios *Liners*. Atualmente, o elevado custo do combustível, aliado ao surgimento de restrições ambientais mais severas, levou o projeto de navios porta contêineres à cascos mais bojudos com elevada capacidade de carga, tais como o navio Maersk Triple E (GIGANTES DO MUNDO, 2018). Tal cronologia pode ser vista por exemplo no estudo de (NOBRE, 2005).

Assim, a consideração de um navio porta contêineres na construção do modelo presente neste trabalho não limita a solução, permitindo, a um só tempo, a obtenção de diversas geometrias de cascos, cujas características funcionais podem lembrar outras classes de embarcações, tais como petroleiros, cruzeiros, graneleiros e até mesmo embarcações militares.

5.1.1 Comportamento da Capacidade de Carga Devido a Variação do Deslocamento

A primeira variável do sistema a ser avaliada é o deslocamento, obtendo como resposta o número quantitativo de TEUs possíveis de ser transportado. De acordo com Papanikolaou (2014), o número de TEUs tem relação direta com Dwt da embarcação, sendo que essa relação pode ser vista no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Número de TEUs em Função do Payload



Fonte: Papanikolaou (2014).

Onde Payload refere-se à quantidade de carga, em toneladas. Por fim, a relação entre a capacidade de carga (Payload) e o Dwt da embarcação pode ser calculada utilizando-se a Equação 8, retirada diretamente do Gráfico 9.

$$\text{Payload} = 0,75 * \text{Dwt} \quad (8)$$

É interessante observar que o Dwt representa a soma de todos os pesos de uma embarcação, constituído pelo combustível, água, mantimentos, consumíveis, tripulantes, passageiros, bagagens, carga, entre outros. A relação entre o Dwt e o deslocamento de uma embarcação é comumente chamada de CD, o que permite deduzir a seguinte Equação 9:

$$\Delta = \frac{\text{Dwt}}{\text{CD}} \quad (9)$$

De acordo com a Tabela 4, pode-se utilizar um valor de 0,70, como valor típico (médio) atribuído ao coeficiente CD para embarcações porta-contêineres.

Tabela 4 - Faixas de CD para Diferentes Tipos de Embarcações e Limites de Dwt

<i>Ship type</i>	<i>Limits (t)</i>		<i>CD (%)</i>
	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	
<i>General cargo ships</i>	5000	15000	65 - 80
<i>Bulk carries</i>	20000	50000	74-85
	50000	200000	80-87
<i>Tankers</i>	25000	120000	78 - 86
	200000	500000	83 - 88
<i>Containerships</i>	10000	15000	65 - 74
	15000	165000	65 - 75

Fonte: Molland (2011).

Por fim, chega-se então em uma relação direta entre o deslocamento e número de TEUs de uma embarcação porta-contêineres, a qual é de suma importância neste trabalho e é mostrada na Equação 10.

$$\text{Número de TEUs} = 2^{-21} * \Delta^2 + 0,0525 * \Delta \quad (10)$$

5.1.2 Determinação dos Limites da Variável Velocidade

Para esse tipo de transporte de mercadorias, a rapidez com que se entrega um contêiner em seu destino, é um dos fatores de maior relevância quando analisa-se o mercado atual.

Velocidade muito baixas acarretam em custo de oportunidade para os clientes, enquanto que velocidades elevadas, aumentam significativamente o consumo de combustível da embarcação (CHAME, 2014).

Assim, considera-se como valor minimamente aceitável, uma velocidade de cruzeiro de 4 nós, a qual corresponderia a uma viagem de aproximadamente 60 dias. Por outro lado, considera-se uma velocidade de 30 nós como valor limite para um projeto convencional de embarcação, e que resultaria em uma viagem de aproximadamente 10 dias.

5.1.3 Determinação do Limite de L/B

Para encontrar os limites do valor adimensional L/B , tomou-se como ponto de partida a clássica técnica baseada em navios semelhantes. Assim, utilizando o trabalho de Labes (2015), considerou-se o L/B mínimo de 5 e máximo de 12. Sendo que esse valor determina o índice de esbeltes do casco, ou seja, se esse apresentará um formato mais quadrado ou mais retangular.

5.2 RESTRIÇÕES DE PROJETO

Uma vez definidas as variáveis de projeto, faz-se necessário estabelecer duas restrições, a fim que os resultados apresentados sejam no mínimo realista e não apenas uma estimativa de valores que se encontra fora da realidade praticada.

5.2.1 Restrição do Calado Máximo

O valor do calado designa à profundidade a que se encontra o ponto mais baixo da quilha de uma embarcação, em relação à linha d'água (superfície da água). Vale salientar que o calado pode mudar conforme a condição de carga do navio, bem como a densidade da água.

Uma vez estabelecida a rota para o projeto, observa-se que o limite inferior para o calado ocorre em função da utilização do porto de Santos; no qual o máximo calado permitido é de 13,20 metros. Para determinar uma navegabilidade com segurança, devido às incertezas do projeto, tais como a condição de maré do local, o calado máximo de projeto será de 12 metros.

5.2.2 Restrição do GM Mínimo

Outro fator importante no projeto de um navio é garantir a estabilidade da embarcação. Define-se como estabilidade a capacidade de a embarcação retornar ao seu equilíbrio inicial após uma perturbação qualquer. Pode-se verificar, por exemplo, qual, entre duas embarcações tem mais estabilidade, observando qual retorna mais

rápido à posição inicial ou suporta maiores ângulos de adernamento (inclinação transversal).

Seguindo o processo de verificação da estabilidade intacta, segundo os critérios da NORMAM 01/DPC/2005 no Capítulo 7, exige-se que o navio atenda a seguinte exigência, GM mínimo de 0,15 metros. A determinação do parâmetro GM requer o cálculo de diversos parâmetros geométricos do casco. Consultando Labes (2015), determinou-se para um navio porta-contêineres os seguintes valores típicos: o coeficiente C_b de 0,73, o coeficiente C_x de 0,99 e o valor adimensional B/T de 2,80.

A partir das variáveis de projeto e dos parâmetros estabelecidos anteriormente, é possível determinar as demais características geométricas que descrevem o casco da embarcação. Na Equação 11 é mostrado o cálculo da Boca, enquanto o cálculo dos parâmetros L_{pp} , T , D , Loa , Lwl , ∇ , C_w , são mostradas nas equações a seguir.

$$B = \sqrt[3]{\frac{\Delta}{(L/B) * (C_b / (B/T))}} \quad (11)$$

$$L_{pp} = B * (L/B) \quad (12)$$

$$T = \frac{B}{(B/T)} \quad (13)$$

$$D = T * 1,43 \quad (14)$$

$$Loa = L_{pp} * 1,05 \quad (15)$$

$$Lwl = L_{pp} * 1,01 \quad (16)$$

$$\nabla = \frac{\Delta}{1,025} \quad (17)$$

$$C_w = C_b + \left(\frac{1-C_b}{3}\right) \quad (18)$$

As Equações 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 representam modelos empíricos que foram extraídos de Barrass (2004).

Para a estimativa do KG da embarcação foram encontradas na literatura várias abordagens referentes a estimativa dos grupos de pesos a bordo de um navio.

Entre as diferentes abordagens, optou-se por utilizar as informações disponibilizadas por Papanikolaou (2010) e que são mostradas na Tabela 5. Utilizando como base a literatura de Papanikolaou (2010), é possível obter uma estimativa dos pesos em aço, do maquinário e de outfitting a partir de uma mesma referência. É interessante observar que nessa abordagem é possível considerar o tipo específico de navio, além de diferentes faixas de Dwt, o que resulta em resultados mais refinados.

Tabela 5 - Determinação dos Grupos de Pesos a Bordo de uma Embarcação

Ship type	Limits		DWT/ Δ (%)	W_{ST}/W_L (%)	W_{OT}/W_L (%)	W_M/W_L (%)
	Lower	Upper				
General cargo ships (t DWT)	5,000	15,000	65–80	55–64	19–33	11–22
Coasters, cargo ships (GRT)	499	999	70–75	57–62	30–33	9–12
Bulk carriers ^a (t DWT)	20,000	50,000	74–85	68–79	10–17	12–16
	50,000	200,000	80–87	78–85	6–13	8–14
Tankers ^b (t DWT)	25,000	120,000	78–86	73–83	5–12	11–16
	200,000	500,000	83–88	75–88	9–13	9–16
Containerships (t DWT)	10,000	15,000	65–74	58–71	15–20	9–22
	15,000	165,000 ^c	65–76	62–72	14–20	15–18
Ro-Ro (cargo) (t DWT)	$L \cong 80$ m	16,000 t DWT	50–60	68–78	12–19	10–20
Reefers ^d (ft ³) of net ref. vol.	300,000	500,000	45–55	51–62	21–28	15–26
Passenger Ro-Ro/ferries/ RoPax	$L \cong 85$ m	$L \cong 120$ m	16–33	56–66	23–28	11–18
Large passenger ships (cruise ships)	$L \cong 200$ m	$L \cong 360^e$ m	23–34	52–56	30–34	15–20
Small passenger ships	$L \cong 50$ m	$L \cong 120$ m	15–25	50–52	28–31	20–29
Stern Trawlers	$L = 44$ m	$L \cong 82$ m	30–58	42–46	36–40	15–20
Tugboats	$P_B \cong 500$ KW	3,000 KW	20–40	42–56	17–21	38–43
River ships (towed)	$L \cong 32$ m	$L \cong 35$ m	22–27	58–63	19–23	16–21
River ships (self-propelled)	$L \cong 80$ m	$L \cong 110$ m	78–79	69–75	11–13	13–19

W_L light ship weight, W_{ST} weight of steel structure, W_{OT} weight of outfitting, W_M weight of machinery installation

^a Bulk carriers without own cargo handling equipment

^b Crude oil tankers

^c Triple E class of containerships of Maersk, DWT=165,000 t, first launched 2013

^d Banana reefers

^e Oasis class cruise ship of Royal Caribbean Int., $L = 360$ m, 225,282 GT, launched 2009

Fonte: Papanikolaou (2010).

Como a Tabela 5 traz informações dos pesos em função do peso leve, faz-se necessário o cálculo dessa parcela para a seguir estimando as demais parcelas de

peso. Definiu-se o valor do coeficiente CD, sendo possível determinar os coeficientes do peso do aço W_{ST}/W_L em 0,65, o peso do outfitting W_{OT}/W_L em 0,18 e o peso do maquinário W_M/W_L em 0,17, a cada variação do deslocamento o valor de cada peso é alterado, seguindo essa distribuição.

O peso leve (W_L) foi determinado a partir da subtração do Dwt do valor do deslocamento, de acordo com a Equação 19.

$$W_L = \Delta - dwt \quad (19)$$

A distribuição da carga foi estabelecida como sendo dividida em dois ambientes, nos porões de carga e no convés. Considerou-se que 65% dos TEUs seriam posicionados no convés, enquanto os 35% restantes, viajariam nos porões de carga.

A localização dos centros de gravidade também é um termo que varia a cada projeto. Por essa razão, o arranjo foi definido em função do pontal (D) da embarcação, conforme os valores descritos; o centro de gravidade do peso do aço em 0,6 do pontal, do peso do outfitting em 0,4, do peso do maquinário em 0,45, do peso da carga no convés em 0,75 e do peso dos porões em 0,5 do pontal.

Por fim, o valor do KG pode ser calculado por meio de uma média ponderada entre os diferentes grupos de peso, citados anteriormente, considerados no projeto.

É importante observar que a quantidade de TEUs e o calado da embarcação varia para diferentes combinações das variáveis de projeto. Assim, é necessário determinar a variação dos coeficientes C_b e C_w em função da variação do calado do projeto. Para isso, utilizou-se novamente a abordagem de Barrass (2004), descrita pelas Equações 20, 21 e 22.

$$C_{B \text{ (No calado "z")}} = C_B * \left(\frac{\text{calado "z"}}{T} \right)^x \quad (20)$$

onde

$$x = 4,5 * 2,718^{(-5 * C_B)} \quad (21)$$

$$C_{W(\text{No calado "z"})} = C_{B(\text{No calado "z"})} + \left(\frac{1-C_B}{3}\right) \quad (22)$$

Seguindo a abordagem de Barrass (2004), estabelece-se uma forma de definir KB e o BM_T . No entanto, antes de realizar o cálculo de BM_T , é preciso calcular o coeficiente η_T que é definido pela Equações 23. Em seguida a Equação 24 corresponde ao valor de KB e a Equação 25 ao valor de BM_T .

$$\eta_{T(\text{No calado "z"})} = 0,084 * [C_{W(\text{No calado "z"})}^2] \quad (23)$$

$$KB_{(\text{No calado "z"})} = \frac{(\text{calado "z"})}{\left[1 + \left(\frac{C_{B(\text{No calado "z"})}}{C_{W(\text{No calado "z"})}}\right)\right]} \quad (24)$$

$$BM_{T(\text{No calado "z"})} = \frac{\eta_{T(\text{No calado "z"})} * (B^2)}{(\text{calado "z"}) * C_{B(\text{No calado "z"})}} \quad (25)$$

Para determinar o GM transversal, utilizaram-se os valores de KB, BM e KG; de acordo com a Equações 26.

$$GM_{T(\text{No calado "z"})} = KB_{(\text{No calado "z"})} + BM_{T(\text{No calado "z"})} - KG_{(\text{No calado "z"})} \quad (26)$$

5.3 OBJETIVO PROPOSTO

Com o mercado de transporte marítimo altamente competitivo, o ganho com rapidez de entrega e o aumento da quantidade de carga transportada por viagem, são fatores decisivos na sobrevivência das empresas de transporte (SOUZA, 2016). O transporte de contêineres são a maneira mais segura que existe para o transporte de cargas. Além da redução dos custos logísticos, já que os contêineres podem ser transferidos rapidamente para diferentes modais de transporte, evitam-se acidentes e prejuízos comuns ao manuseio direto dos produtos (LOGIN, 2018).

O custo referente a rapidez de entrega está relacionado com BHP (Brake Horse Power) necessário para embarcação alcançar tal velocidade. O BHP é resultado do produto entre a resistência ao avanço ocasionada pelo casco da embarcação e a velocidade de navegação.

A determinação da resistência ao avanço foi realizada incorporando-se ao modelo de síntese uma implementação do clássico método desenvolvido por Holtrop e Mennen. A implementação utilizada foi a mesma usada e testada por Boaventura (2016), e, portanto, suficientemente confiável para o objetivo deste trabalho.

No entanto, o impacto do BHP utilizado no custo do transporte marítimo depende do número de contêineres transportado em cada viagem. Assim, o objetivo dessa análise é minimizar o coeficiente que relaciona o BHP com a quantidade de TEUs, o qual é representado pela Equação 27.

$$\text{Objetivo} = \frac{\text{BHP}}{\text{TEUs}} \quad (27)$$

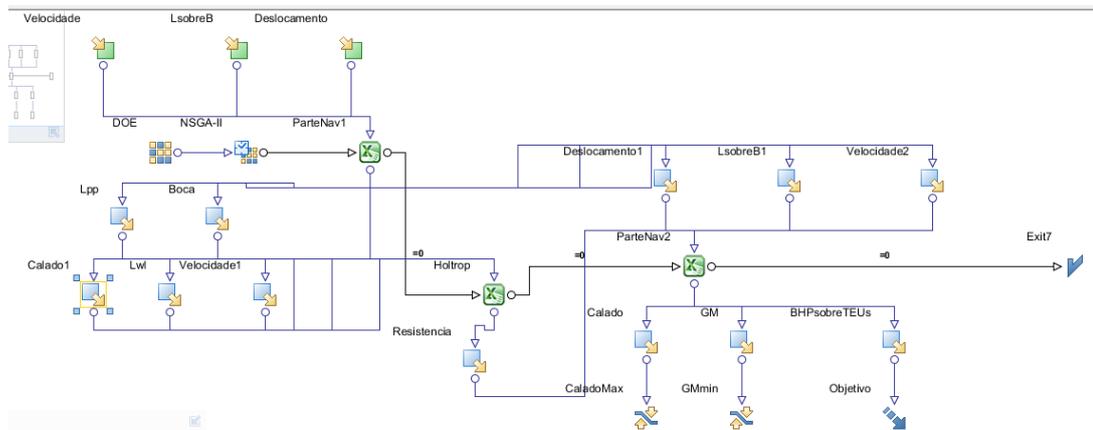
5.4 ESTUDO DE CASO: EMBARCAÇÃO COM MENOR BHP/TEUs

Nesse modelo, as variáveis de projeto constituem-se do deslocamento, da velocidade (V) e do coeficiente L/B do casco. Como restrições de projeto, consideram-se valores mínimos para o GM e o calado da embarcação, tal como descrito anteriormente. Por fim, determina-se a embarcação que apresenta um melhor desempenho, ou seja, que transporta mais TEUs por cada BHP utilizado.

5.4.1 Procedimento de Otimização

O processo de otimização aplicado a esse novo cenário seguiu rigorosamente o mesmo procedimento adotado anteriormente. O esquema utilizado nesse novo procedimento de otimização pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma do Processo de Otimização: Minimização do BHP/TEUs



Fonte: Autor (2018).

As variáveis do problema são representadas pelos ícones verdes localizados na parte superior do diagrama, e referem-se as três variáveis, velocidade, L/B e deslocamento. Sendo que a velocidade pode variar entre 4 a 30 nós, o L/B de 5 até 12, e o deslocamento de 10.000 até 165.000 toneladas.

A primeira planilha representada no diagrama tem como saídas as dimensões principais do casco, enquanto a segunda planilha realiza o cálculo da resistência ao avanço da embarcação. Por fim, a terceira planilha do esquema realiza o cálculo das restrições e da função objetivo.

Nesta análise, optou-se novamente por iniciar o algoritmo NSGA-II com 25 indivíduos gerados com auxílio do algoritmo Sobol e 100 gerações de evolução, resultando em um total de 2500 possíveis combinações.

5.4.2 Resultados da Combinação da Melhor Embarcação

Das 2500 iterações analisadas, obteve-se um total de 2083 soluções viáveis (83,32%), onde o projeto respeita os limites de GM mínimo e calado máximo.

O resultado final indica que a melhor combinação das características é dada pelo deslocamento de 87823 toneladas, a velocidade em 4 nós e um coeficiente de L/B em 8,904, que apresentou um objetivo $BHP/TEUs$ de 0,0277. Em que as

dimensões principais tiveram um valor de B igual a 33,57 metros, T em 11,99 metros, Lpp de 298,91 metros, e a quantidade de TEUs em 4610 unidades.

Tendo em vista esse resultado, pode-se observar que o projeto otimizado tende a uma embarcação grande (com os maiores valores de dimensões principais) e que se movimenta em uma velocidade pequena, gastando pouca energia para mover uma grande quantidade de carga.

5.5 ESTUDO DE CASO: EMBARCAÇÃO OTIMIZADA PARA TRANSPORTAR 461000 TEUs

Nesse novo cenário, objetivasse dimensionar uma frota mercante, ou então um navio que realiza múltiplas viagens, a fim de atender a uma demanda existente de 461000 TEUs; correspondendo a 100 viagens do navio definido no caso anterior.

Nesse contexto, deve ser também considerado o tempo de viagem realizado pela embarcação, bem como o tempo decorrente dos processos de carregamento e descarregamento ao longo da rota estabelecida.

É importante ressaltar, no entanto, que as variáveis e as restrições utilizadas anteriormente, são as mesmas, constituindo-se das variáveis deslocamento, velocidade e o L/B , e das restrições de calado máximo e o GM mínimo.

5.5.1 Objetivos

Seguindo o cenário, optou-se por utilizar uma abordagem multiobjetivo, considerando os dois objetivos em questão simultaneamente. O primeiro consiste novamente em minimizar o coeficiente de $BHP/TEUs$, mantendo foco em redução de custo e ganho em capacidade de carga. Já o segundo, será minimizar o tempo necessário para o transporte de 461000 TEUs, o que corresponde a 100 viagens do navio definido no caso anterior.

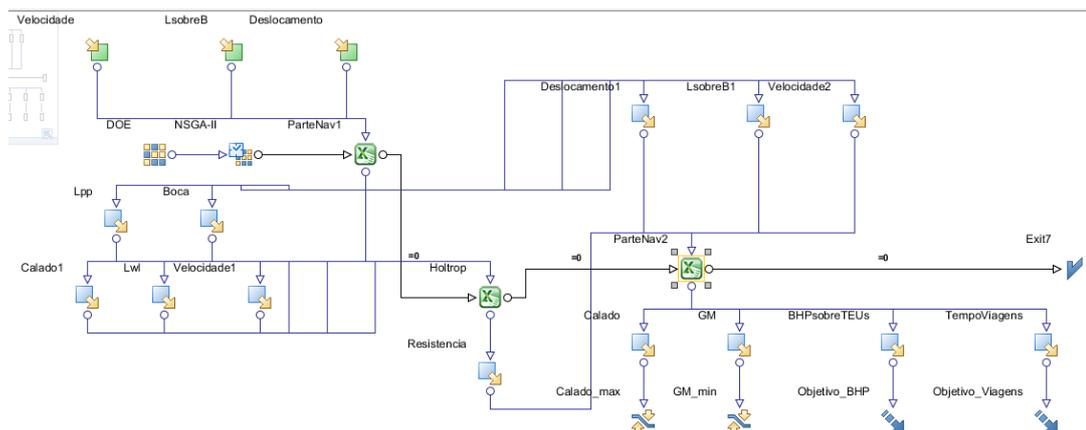
Esse segundo objetivo é composto da soma de três tempos: de carregamento, tempo de viagem (que inclui o tempo de atracação) e o tempo de descarregamento. O tempo de carregamento e descarregamento é dependente do número de TEUs, já o tempo de viagem é dependente da velocidade de navegação.

Conforme descrito na fundamentação teórica, a rota estabelecida vai do porto de Santos (Brasil) até o porto de Roterdã (Holanda), correspondendo a uma distância de 5465,24 nmi. Sabe-se também que o porto de Santos movimentava uma média de 110,02 contêineres por hora, enquanto o porto de Roterdã movimentava uma média de 308,22 contêineres por hora.

5.5.2 Procedimento de Otimização

O processo de otimização aplicado a esse novo cenário seguiu rigorosamente o mesmo procedimento adotado anteriormente. O esquema utilizado nesse novo procedimento de otimização pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Fluxograma do Processo de Otimização: Otimização do Transporte de 461000 TEUs



Fonte: Autor (2018).

As variáveis e restrições do modelo são as mesmas descritas no caso anterior. No entanto, na terceira planilha do diagrama, foi adicionado um novo objetivo que não estava presente na análise anterior, a minimização do tempo correspondente ao total de viagens necessário para transportar os 461000 TEUs.

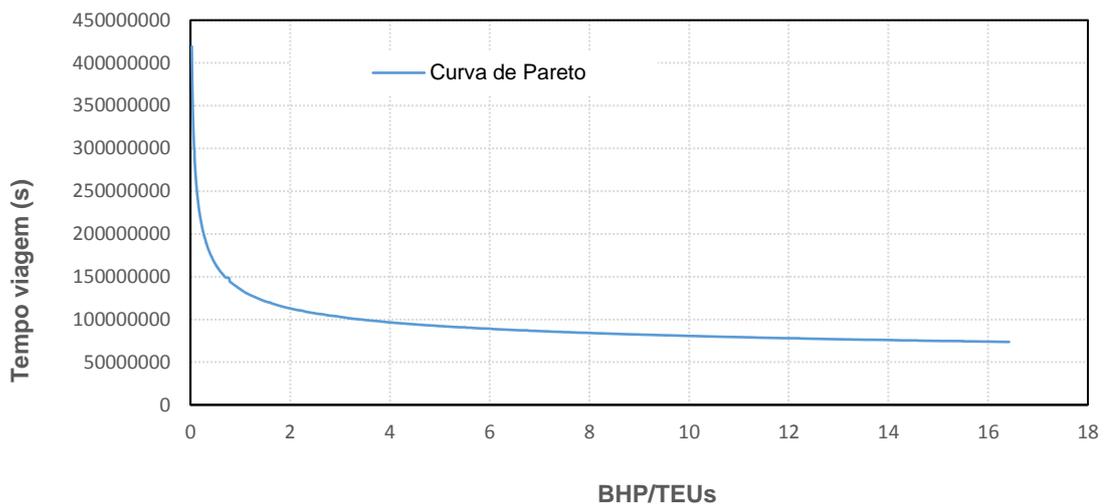
As configurações do DOE e do algoritmo NSGA-II foram as mesmas já utilizadas nas análises anteriores.

5.5.3 Resultados da Melhor Combinação das Variáveis para o Transporte de 461000 TEUs

Das 2500 iterações analisadas, obteve-se um total de 2137 soluções viáveis (85,48%), onde o projeto respeita os limites de GM mínimo e calado máximo.

Em se tratando de um problema multiobjetivo existem múltiplas soluções ótimas, que constituem a chamada Fronteira de Pareto, como mostrado no Gráfico 10. De acordo com Tancredi (2008), quando não há informação adicional sobre a importância dos objetivos, todas as soluções Pareto-ótimas são igualmente importantes.

Gráfico 10 – Fronteira de Pareto do problema Multiobjetivo



Fonte: Autor (2018).

Com isso foi retirado alguns valores do Gráfico 10, com a finalidade de demonstrar como reage as dimensões principais em algumas áreas da curva de Pareto, dados que a Tabela 6 apresenta.

Tabela 6 – Alguns Resultados da Curva de Pareto

	Pareto 1	Pareto 2	Pareto 3	Pareto 4	Pareto 5
$Bhp/TEUs$	0,0262	0,1565	1,4688	6,5400	16,4193
Tempo Viagens (s)	4,19E8	2,35E8	1,22E8	8,74E7	7,36E7
Velocidade (nós)	4,00	7,42	15,75	23,84	30,00
L/B	11,144	11,144	11,144	11,144	11,144
Deslocamento (t)	108303	108303	108303	108303	108301
Comprimento (m)	372,27	372,27	372,27	372,27	372,26
Boca (m)	33,41	33,41	33,41	33,41	33,40
Calado (m)	11,93	11,93	11,93	11,93	11,93

Fonte: Autor (2018).

5.6 ESTUDO DE CASO UTILIZANDO UMA FUNÇÃO CUSTO

Com a finalidade de obter uma melhor compatibilidade com o estudo de caso do personagem, realizado anteriormente, o qual tinha como objetivo proposto matar 100 monstros, definiu-se uma função custo, que levasse em conta um custo (fictício em unidades monetárias) que congregasse os dois objetivos analisados no caso anterior. Essa função é apresentada na Equação 28.

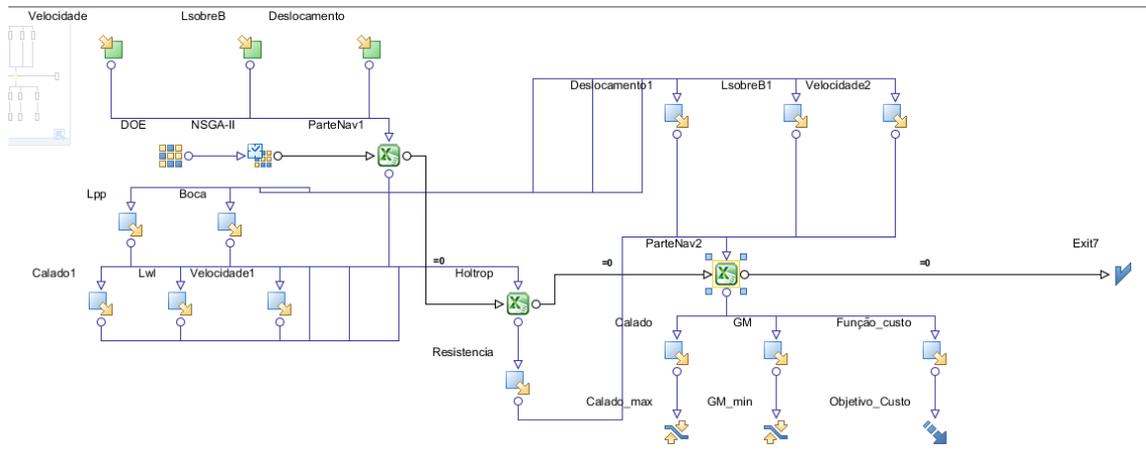
$$FC = 10^6 * \Delta + 1 * BHP * \beta \quad (28)$$

Onde FC representa a função custo, Δ representa o deslocamento em toneladas, BHP representa o valor quantitativo de potência necessário para mover a embarcação na velocidade de serviço e β é o tempo necessário para que ocorra o transporte marítimo de 461000 TEUs.

5.6.1 Procedimento de Otimização

Mais uma vez, o processo de otimização aplicado a esse novo cenário seguiu o procedimento adotado anteriormente, cujo esquema é mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma do Processo de Otimização: Otimização do Transporte de 461000 TEUs Considerando Função Custo



Fonte: Autor (2018).

As variáveis e restrições do modelo são as mesmas descritas no caso anterior. No entanto, na terceira planilha do diagrama, foi adicionado um novo objetivo que neste caso é o de minimizar a função custo, apresentada anteriormente.

As configurações do DOE e do algoritmo NSGA-II foram as mesmas já utilizadas nas análises anteriores.

5.6.2 Resultados da Minimização da Função Custo

Das 2500 iterações analisadas, obteve-se um total de 2329 soluções viáveis (93,16%), onde o projeto respeita os limites de GM mínimo e calado máximo.

O resultado final indica que a melhor combinação das características é dada pelo deslocamento de 35088 toneladas, a velocidade em 4 nós e um coeficiente de L/B em 5, que apresentou um custo de $1,2649E^{11}$ unidades monetárias. Nessa configuração as dimensões principais tiveram um valor de B igual a 29,97 metros, T igual a 10,70 metros e um Lpp de 149,85 metros.

Cada embarcação deste tamanho é capaz de transportar 1842 contêineres, sendo necessário uma frota 251 navios idênticos para que ocorra o sucesso do transporte de todos os TEUs propostos, ou então menos navios realizando mais viagens. A diferenciação entre número de navios e número de viagens, consiste um subproblema que foge ao escopo deste trabalho.

A fim de comparação dos resultados das embarcações otimizadas, observe-se a Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação Entre as Embarcações Otimizados

Parâmetros	Embarcação Otimizada Caso 1	Embarcação Otimizada Caso 2	Embarcação Otimizada Caso 3
Deslocamento (t)	87823	108303	35088
Velocidade (nós)	4	15,75	4
L/B	8,904	11,144	5
BHP/TEUs	0,0277	1,4688	0,0396
Lpp (m)	298,91	372,27	149,85
B (m)	33,57	33,41	29,97
T (m)	11,99	11,93	10,70
Função custo (uni. mon.)	1,53E11	1,12E12	1,26E11
Navios idênticos (unid.)	100	82	251

Fonte: Autor (2018).

6 ANALOGIA ENTRE OS PROBLEMAS

Neste capítulo é apresentada uma análise preliminar sobre a possível analogia existente entre os dois problemas estudados ao longo deste trabalho: a criação de um personagem de RPG e o projeto conceitual de um navio porta-contêineres.

O melhor personagem seria obviamente aquele que maximizasse os 3 atributos, no entanto a limitação de um número máximo de pontos utilizados na construção do personagem requer do jogador o planejamento para obter o melhor desempenho com os recursos disponíveis. De maneira análoga, o melhor navio seria aquele que tivesse a maior capacidade de carga possível e que viajasse na maior velocidade possível. No entanto, tal embarcação resultaria em um custo financeiro exorbitante, e assim o projetista deve buscar a combinação de atributos que represente o melhor desempenho possível, limitado aos recursos financeiros disponíveis.

A correlação dos dois ambientes pode ser iniciada com a análise das variáveis utilizadas na construção de ambos os modelos de síntese, conforme pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 – Correlação das Variáveis em Ambos Ambientes

RPG	Navio
Agilidade	Velocidade
Força	Dwt
Vitalidade	L/B

Fonte: Autor (2018).

No RPG, a agilidade é associada ao número de golpes por segundo, sendo análoga a velocidade do navio, que determina o número de viagens por ano. O atributo de força compara-se com a característica Dwt, em que a força defini o dano causado por golpe e o Dwt a carga transportada por viagem. Relaciona-se também a vitalidade

e o coeficiente L/B , no qual a vitalidade está associada a restrição de permanecer vivo na batalha e o coeficiente L/B na restrição de não emborcar durante a viagem.

Levando em consideração as classes de personagem do Ragnarok e os tipos de navios, analogias entre soluções podem ser exemplificadas comparando-se um assassino e uma fragata, em que ambos sacrificam o dano (personagem) e a carga (navio) para aumentar a velocidade (Figura 13).

Figura 13 – Personagem da Classe Sentinela e a Fragata Constituição



Fonte: Browiki (2018) e PoderNaval (2018).

Outra analogia possível é a do cavaleiro com um petroleiro, onde os dois sacrificam a velocidade para maximizar o dano (personagem) e a carga (navio) transportada (Figura 14).

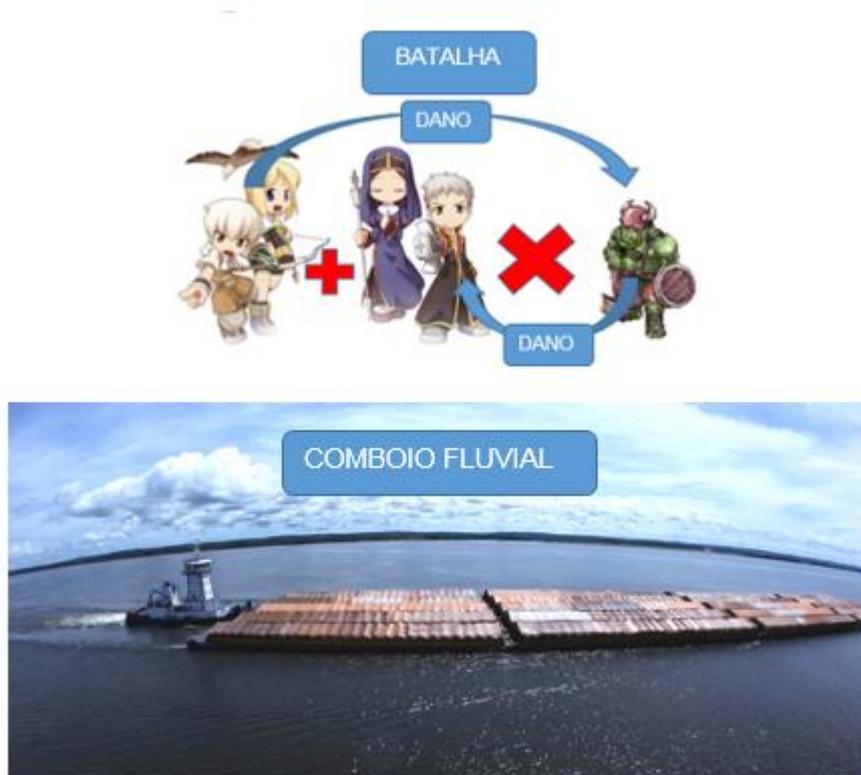
Figura 14 – Personagem Classe Cavaleiro e um Típico Petroleiro



Fonte: Browiki (2018) e Navios e Portos (2018).

É interessante observar que analogia não ocorre somente para soluções individuais, podendo também se apresentar na forma de combinação de soluções. No RPG é comum a combinação de um Sacerdote com um Caçador, na qual o sacerdote é responsável por receber o dano e o caçador, por realizar o dano. Essa configuração pode ser comparada, por exemplo, com um comboio fluvial formado por uma barcaça e um empurrador. Nessa configuração, a barcaça é otimizada para levar a carga e o rebocador, para gerar a velocidade de transporte. Essa comparação pode ser ilustrada com a Figura 15.

Figura 15 – Comparação entre uma Batalha e um Comboio Fluvial



Fonte: Browiki (2018) e Amaggi (2018).

Uma outra boa correlação são os itens adicionais possíveis nos dois ambientes, os equipamentos disponíveis dos personagens, e os complementos das características de um navio, como a existência de Bulbo ou o aumento do C_b , por exemplo.

Adicionando ao assassino e ao cavaleiro duas armas disponíveis na calculadora online, nota-se que uma espada concede 15% a mais de força e reduz

10% a agilidade, ao equipar no cavaleiro o desempenho do personagem melhora, ao passo que ao se equipar a espada em um assassino, o desempenho piora. Já uma adaga, que concede 15% a mais de agilidade, porém reduz 10% de força, possui efeito inverso, melhorando o desempenho do assassino e reduzindo o desempenho do cavaleiro. Exemplificado pela Tabela 9, em que o cavaleiro é equipado com a espada e adaga.

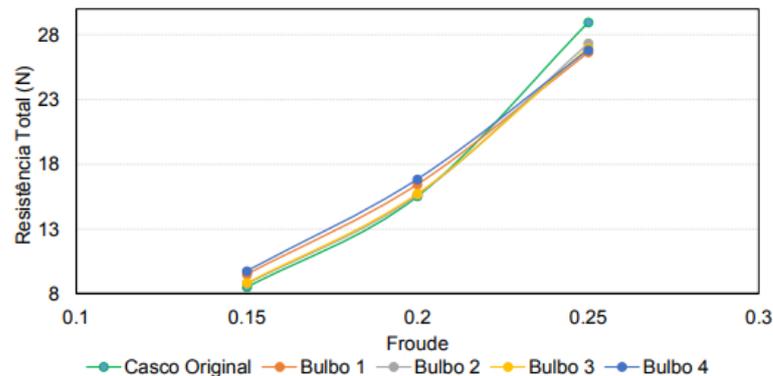
Tabela 9 – Resultados do Personagem Cavaleiro com Equipamento

Parâmetros	Personagem Cavaleiro	Personagem Cavaleiro + Espada	Personagem Cavaleiro + Adaga
Força	65	74,75	58,5
Agilidade	10	9	11,5
Vitalidade	10	10	10
Restrição 1 (pts)	Respeita	Respeita	Respeita
Dano causado (HP/s)	121,70	142,76	109,14
Dano recebido (HP/s)	110,23	110,42	109,95
Morte Personagem (s)	31,14	31,088	31,22
Morte Monstro (s)	11,78	10,05	13,14
Tempo de batalha (s)	11,78	10,05	13,14
Ganhador	Personagem	Personagem	Personagem
Regeneração (HP/s)	18,48	18,48	18,48
Tempo de regeneração (s)	70,29	60,03	78,18
Tempo matar 100 Monstros (s)	8126,22	6937,23	9040,48
Vida restante Personagem (HP)	2133,76	2323,54	1988,15
Vida restante Monstro (HP)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autor (2018).

Como mostra Hille (2017), a influência do bulbo na resistência ao avanço leva em consideração as velocidades das embarcações (Figura 16), pois resulta em dois efeitos, aumenta a superfície molhada do casco, e reduz a energia dispendida na geração de ondas.

Figura 16 – Comportamento da Resistência ao Avanço com a Variação da Velocidade (Froude).



Fonte: Hille (2017).

Em que o casco original é sem bulbo, e os outros casos com diferentes tipos de bulbo. Assim pode-se interpretar que a resistência ao avanço pode ser definida, em linhas gerais por:

$$R_t = R_w + R_{viscosa} \quad (29)$$

A Equação 29, guarda analogia com a equação do dano causado pelo personagem, a qual possui uma parcela causada pela agilidade e uma parcela causada pela força. Logo, se o bulbo aumenta o $R_{viscosa}$ e reduz o R_w , ele somente será útil para navios cuja a resistência ao avanço é governada pela parcela de ondas, piorando o desempenho de navios cuja resistência ao avanço é governada pela parcela viscosa.

Se equipar um bulbo em uma fragata ela irá melhorar, mas se equipar em um petroleiro ele tende a piorar, assim como uma adaga tende a piorar o desempenho de um cavaleiro.

Por outro lado, se for aumentado o coeficiente de bloco (C_b) de um petroleiro ele tende a ter um desempenho melhor, porém a mesma variação aplicada ao projeto de uma fragata, tende a torná-la menos eficiente.

Quando se considera o cenário de 100 lutas, a vitalidade passa a ter um valor importante, gerando assim uma solução mais balanceada nos atributos. Da mesma forma, quando é considerado a energia para transportar 461000 TEUs, a velocidade tende a ganhar importância, resultando assim, em uma solução também balanceada.

Infelizmente a limitação de tempo associada ao desenvolvimento de um trabalho desse porte não permitiu que outras variáveis do projeto conceitual fossem exploradas. Eventualmente seria possível obter uma analogia ainda mais interessante entre os problemas, variando-se os parâmetros definidos como variáveis e as funções objetivo em cada um dos problemas analisados.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se análises que mostraram a similaridade dos conceitos pertencentes a teoria de jogo de RPG com o processo da determinação de características principais de uma frota de navios mercantes.

Desta forma foram mostradas a influência de cada atributo no desempenho de um personagem de um jogo de RPG.

Estabeleceu-se a missão que serviu para a análise de eficiência de um personagem, a partir da qual, usando técnicas de otimização, determinou-se a configuração de atributos que maximizava a eficiência do personagem na missão estabelecida.

A seguir, construiu-se um modelo de síntese para o projeto conceitual de uma embarcação mercante, utilizando-se as equações empíricas disponíveis na literatura. Utilizando-se o modelo de síntese desenvolvido, aplicou-se técnicas de otimização buscando as características do projeto conceitual que otimizassem a eficiência da embarcação para uma dada missão.

Inicialmente relacionou-se a eficiência da embarcação com consumo energético necessário por TEUs transportado. A seguir considerou-se diferentes cenários, onde obteve-se a melhor configuração das variáveis referente a uma frota de embarcações que cumpriu a missão no transporte marítimo de uma elevada quantidade de TEUs.

Por fim, com os resultados dos estudos de caso, a analogia entre a configuração otimizada do melhor personagem e as características da embarcação otimizada, puderam-se ser realizadas, mostrando-se que um personagem da classe assassino tem boa correlação com um navio tipo fragata, bem como um cavaleiro com um petroleiro. Relação entre equipamentos e características também foram notadas, adicionando-se um bulbo na embarcação o efeito resultante tende a seguir o efeito ocasionado caso seja equipado uma adaga no personagem, assim como a reação sofrida em uma embarcação, caso exista um acréscimo no valor do Cb com o comportamento da adição de uma espada nos personagens.

Algumas sugestões de trabalhos futuros consistem em se analisar o mesmo personagem em um cenário diferente, qual remete a uma mudança de nível do personagem e diferentes adversários de batalha. Outra sugestão é alterar as variáveis de entrada da otimização, dando ênfase no ambiente naval a troca do coeficiente L/B pelo coeficiente B/T , a consideração do C_b , entre diversas outras possibilidades.

Eventualmente, poder-se-ia chegar a uma analogia matemática plena, onde a solução de um problema pudesse ser convertida na solução de outro, a despeito da aparente diferença entre os problemas. Mas, no entanto, tal solução talvez nem venha a ser encontrada, dada a enorme miríade de parâmetros e atributos existentes em ambos os problemas.

Por fim, ressalta-se que esse trabalho cumpriu os objetivos propostos e abre um novo horizonte de pensamento, pois um engenheiro que é capaz de visualizar o projeto de um navio a partir de um jogo de computador, e enxergar analogias matemáticas em objetos aparentemente tão distintos, é um engenheiro que, além de entender o processo matemático, é capaz de sonhar, e portanto, de criar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fabio Sampaio de. **O que (não) é um RPG: polêmica e produção de sentidos em discursos sobre o Role Playing Game (RPG)**. 2008. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Instituto de Letras, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

AMAGGI. **Nova opção logística ao país**. Disponível em: <<http://amaggi.com.br/2014/04/uma-nova-opcao-logistica-ao-pais/>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

ANDRADE, Leonardo et al. Implicações Transmidiáticas do uso do RPG e do Wargame como ferramenta de apoio à Vastas Narrativas de Fantasia Medieval. GEMInS. **Transmídia: Estratégias e Processos de Construção de Mundos**. n. 2, p. 103-134, 2011.

APM. **Information**. Disponível em: <<http://www.apmterminals.com/operations/europe/rotterdam/information>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BARRASS, B. **Ship design and performance for masters and mates**. Butterworth-Heinemann, 2004.

BATISTA, J. R. M; SALDANHA, A. A. **A concepção do Role-Playing Game (RPG) em jogadores sistemáticos**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-98932009000400005>. Acesso em: 25 abr. 2017.

BLIZZARD. **World of Warcraft subscriptions**. Disponível em: <<http://www.mmo-champion.com/content/5063-WoW-Down-to-5-6-Million-Subscribers/>>. Acesso em 17 abr. 2017.

BOAVENTURA, F. G. **Modelo de síntese e otimização para o projeto conceitual de navios de apoio à plataforma incluindo parâmetros do bulbo**. 2016. 108 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, SC, 2016.

BROWIKI. **O fã site oficial de Ragnarok online**. Disponível em: <http://browiki.org/wiki/P%C3%A1gina_principal>. Acesso em: 12 jun. 2018.

CAMARGO, André Stangarlin. **Jogos de RPG para ensinar SCRUM**. 2013. 103 p. TCC (Graduação) – Curso de Ciências da Computação, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

CHAME, M. E. F. **Projeto conceitual otimizado de embarcações utilizando fórmulas empíricas**. 2014. 100 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, SC, 2014.

DAYBSON. **Sistema de regras de RPG**. Disponível em:

<<https://daybsonpaisante.wordpress.com/2016/12/16/sistema-de-regras-de-rpg/>>.

Acesso em 22 de maio de 2017.

DISTANCE. **Distância entre portos**. Disponível em: < <https://pt.distance.to/>>.

Acesso em: 13 abr. 2018.

EYRES, D. **Ship Construction**. Oxford: Butterworth Heinemann, 1998.

FORTUNA, Tânia Ramos. **A formação docente e a universidade**: contribuições da ludobiografia e da hermenêutica filosófica. 2011. 425 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GIGANTES DO MUNDO. **Maior navio cargueiro do mundo – Maersk Triple E**.

Disponível em: <<https://gigantesdomundo.blogspot.com/2011/05/o-maior-navio-cargueiro-do-mundo.html>>. Acesso em: 11 jul. 2018

GOOGLE MAPS. **Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em 10 mai. 2018.

GRANOOB. **Conhecimento de RPG**: Atributos básicos. Disponível em:

<<http://rpglivre.weebly.com/atributos-baacutesicos.html>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

HILLE, F. **Influência do bulbo na resistência ao avanço de um casco da série 60**. 2017. 101 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, SC, 2017.

IW STAT SIMULATOR. Disponível em: <<https://calc.irowiki.org/>>. Acesso em: 20 maio 2018.

JACKSON, S. **GURPS**: generic universal role-playing system: módulo básico. São Paulo: Devir, 2004.

JENSEN, M. T. Reducing the Run-Time Complexity of Multiobjective EAs: The NSGA-II and Other Algorithms. **IEEE Transactions On Evolutionary Computation**. v. 7, n. 5, p.503-515, out. 2003.

LABES, T. A. **Modelos empíricos para estimativas preliminares dos coeficientes de forma de um navio mercante**. 2015. 85 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, SC, 2015.

LOBATO, Sérgio Fran. **Otimização Multi-Objetivo para o projeto de Sistemas de Engenharia**. Disponível em:

<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14677/1/parte%201.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

LOGIN, Logística. **Contêineres**. Disponível em:

<<https://www.loginlogistica.com.br/container>>. Acesso em: 20 maio 2018.

MARINHO, Davi. **Uma aplicação do algoritmo genético multiobjetivo NSGA-II para seleção de imagens de satélite de trechos de mata atlântica**. 2009. 47 p. TCC (Graduação) – Bacharel em Engenharia da Computação, Departamento de Sistemas e Computação, Universidade de Pernambuco. Recife, PE, 2009.

MMOSGAME. **Como começar no Ragnarok: Um MMO Clássico**. Disponível em: <<http://mmosgame.com/como-comecar-ragnarok/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

MOLLAND, A. F.; TURNOCK, S. R.; HUDSON, D. A. **Ship resistance and propulsion: a practical estimation of ship propulsive power**. New York: Cambridge University, 2011.

MORAES, André Amâncio de. **Metodologia de apoio ao projeto informacional e conceitual de embarcações de recreio de pequeno porte a motor**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Mecânicas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

MORRIS, Dave, HARTAS, Leo. **Role-Playing games**. Cambridge: Ilex, 2004.

NAVIOSEPORTOS. **Navio petroleiro**. Disponível em: <<http://www.navioseportos.com.br/web/index.php/glossarios/navio-petroleiro>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

NOBRE, Marisa.; SANTOS, Fernando. **O mercado de transporte marítimo: especialização, evolução e os reflexos na logística internacional**. XII SIMPEP. Bauru, SP, 2005.

NORMAM. **Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação em mar aberto**. 2005. 562 p. Cap 7. Marinha do Brasil Diretoria de Portos e Costas. 2005.

OOCL. **General information**. Disponível em: <<http://www.oocl.com/eng/ourservices/vessels/gclass21413/Pages/ooclhongkong.aspx>>. Acesso em: 21 maio 2018.

PAPANIKOLAOU, Apostolos. Holistic ship design optimization. **Computer-Aided design**, v. 42, n. 11, p. 1028-1044, 2010.

PAPANIKOLAOU, Apostolos. **Ship design methodologies of preliminary design**. p. 1-623, 2014.

PARSONS, Michael G. Parametric design. In: LAMB, Thomas. **Ship design and construction**. Michigan, 2003. Cap. 11. p. 1-48.

PODERNAVAL. **Fragata Constituição completa 40 anos de incorporação à MB**. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2018/03/31/fragata-constituicao-completa-40-anos-de-incorporacao-a-mb/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

PORTO ITAPOÁ. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.portoitapoa.com.br/institucional>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

PRIETTO, Thiago Goulart. **Estudos comparativos: RPG, Narrativa e Literatura**. 2012. 413 p. TCC (Graduação) – Curso de Letras, Instituto de Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

PROELIIS, Liber. **Regeneração**. Disponível em: <http://pt-br.liberproeliis.wikia.com/wiki/Regenera%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

ROUSE, Margaret. **Role-Playing Game, RPG**. Disponível em: <<http://whatis.techtarget.com/definition/role-playing-game-RPG>>. Acesso em: 16 maio 2017.

RPGFan. **The definition of a Role-Playing game**. Disponível em: <<http://www.rpgfan.com/editorials/old/1998/0007.html>>. Acesso em: 15 maio 2017.

SALES, Mateus. **RPG (Role Playing Game)**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/curiosidades/rpg.htm>>. Acesso em: 16 maio 2017.

SANTOS BRASIL. **Tecon santos**. Disponível em: <<https://www.santosbrasil.com.br/tecon-santos-sistemas/atracacao.asp>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

SHIPSPOSTTING. **OOCL Hong Kong**. Disponível em: <<http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=2685568>>. Acesso em: 20 maio 2018.

SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações**. São Paulo. Editora: William Strahan. 2003.

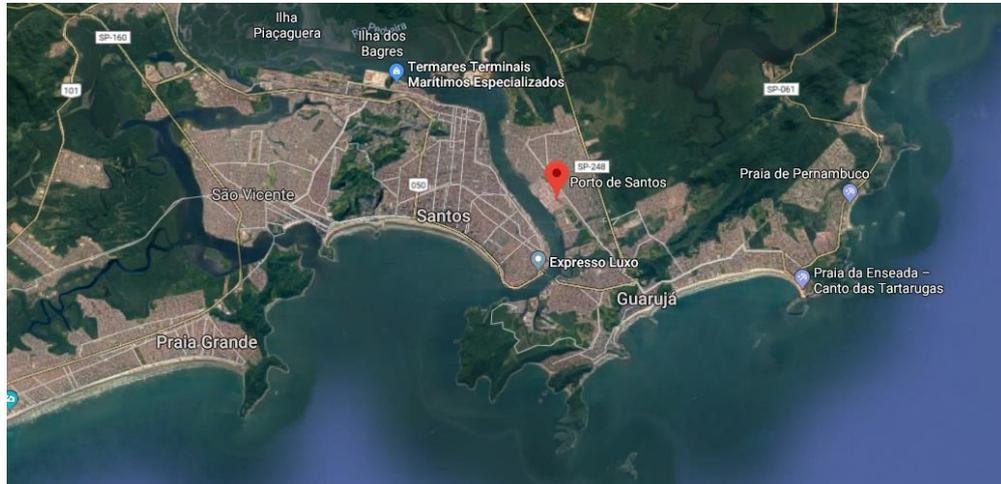
SOUZA, G. M.; ROBLES, L. T. **O mercado de transporte marítimo de navios tramp e sua importância no porto de santos**. XXX - Encontro Nacional de Engenharias de Produção. São Carlos, SP. 2016.

STOPFORD, Martin. **Maritime economics**. London: Routledge. 1997.

TANCREDI, Thiago Pontin. **Otimização multidisciplinar distribuída aplicada a projetos de engenharia**. 2008. 190 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

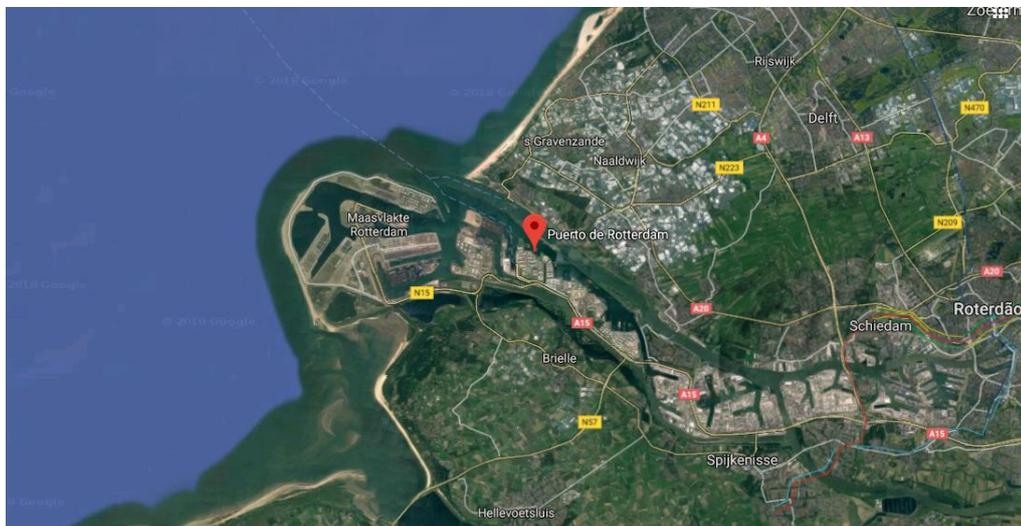
APÊNDICE A – REGIÕES PORTUÁRIAS E ROTA

Figura A - 1 - Região Portuária de Santos



Fonte: Google Maps (2018).

Figura A - 2 - Região Portuária de Roterdã



Fonte: Google Maps (2018).

Figura A - 3 – Rota Proposta no Cenário Estudado



Fonte: Distance (2018).

APÊNDICE B – ALGORITMO GENÉTICO NSGA-II

Segundo Marinho (2009), o algoritmo NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II), é um algoritmo multiobjetivo. Usa um conceito para encontrar resultados mais consistentes (pontos mais próximos da região de Pareto).

Alguns aspectos importantes na solução de problemas são:

- Dividir a população em diferentes níveis (fronts), utilizando critério de Dominância.
- Indivíduos do *front* n são melhores do que indivíduos do *front* $n+1$ (MARINHO, 2009).

Vale também ressaltar como funciona um algoritmo genético, representado pela Figura B-1.

Figura B – 1 – Fluxograma de um Algoritmo Genético Clássico



Fonte: Marinho (2009).