LII Simpóso Brasileiro de Pesquisa Operacional
João Pessoa-PB, 3 a 5 de novembro de 2020

ANÁLISE DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS PARA O PROBLEMA DE COLETA E ENTREGA COM ROTAS FIXAS E FROTA HETEROGÊNEA

Igor Girão Peres Vianna
Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE
Rua Moniz Aragão N° 360, Bloco 1, CT 2, CEP: 21941-594
igor_gpv@poli.ufrj.br

Paulo Cesar Ribas
Petróleo Brasileiro S.A − CENPES
CENPES, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ
paulo.ribas@petrobras.com.br

Virgílio José Martins Ferreira Filho
Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE
Rua Moniz Aragão N° 360, Bloco 1, CT 2, CEP: 21941-594
virgilio@ufrj.br

RESUMO

Instalações marítimas responsáveis pelas operações na indústria do petróleo demandam cargas para o seu funcionamento e produzem cargas que precisam ser coletadas da instalação. Com rotas fixas predefinidas e frota heterogênea, surge a necessidade de abordagens que visem a melhora do serviço de coleta das cargas que não se utilizem de roteamento. São apresentadas duas estratégias baseadas em um modelo matemático de programação inteira para lidar com este problema e comparadas com a prática utilizada por algumas companhias do ramo. É utilizado um simulador de eventos discretos para emular as operações *offshore* na costa brasileira. A análise dos resultados mostra que as estratégias propostas geram ganhos nos indicadores referentes a coleta de cargas, sem perda no nível de serviço das cargas de entrega.

PALAVRAS CHAVE. Coleta e entrega, logística *offshore*, simulação de eventos discretos.

Tópicos EN&PG, L&T

ABSTRACT

The maritime installations, responsible for the offshore petroleum operation, demand cargos to operate and produce cargos that need to be returned to depot. With fixed routes and heterogeneous fleet, it is necessary an approach that does not solve the pickup and delivery problem through routing. We present two strategies based in an integer mathematical model to deal with the problem and compare them with a usual practice in some companies. A discrete-event simulator is used to represent the logistics offshore in Brazil and its stochasticity. The result analysis show that the proposed strategies improve the indicators of pickup cargo without decrease the service level of delivery cargo.

KEYWORDS. Pickup and delivery. Offshore logistics. Discrete event simulator.

Paper topics EN&PG, L&T

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

1. Introdução

As instalações que realizam as atividades de E&P *offshore* da indústria do petróleo necessitam de abastecimento constante de carga para o seu funcionamento. Estas cargas variam de equipamentos específicos até produtos básicos para a operação. As instalações também geram cargas que precisam ser retornadas para o porto, como equipamentos que não sejam mais úteis e lixos produzidos.

As cargas de entrega e as de retorno disputam o mesmo espaço no *deck* das embarcações responsáveis pelo atendimento as instalações. Este fator leva a uma necessidade de avaliações da melhor maneira de aliar um elevado nível de serviço tanto na entrega quanto na coleta das cargas.

Trabalhos como [Cuesta et al. 2017] e [Cuesta et al. 2018] lidam com o problema de coleta e entrega, que a logística *offshore* enfrenta, através do roteamento para uma frota homogênea. Porém para os casos onde as rotas são fixas, devido a questões de custo, emissões de gases poluentes ou limitações operacionais, uma outra abordagem se faz necessária. A abordagem proposta considera a heterogeneidade da frota e se utiliza da seleção da embarcação para resolver o problema de coleta e entrega.

Cada instalação é visitada um número de vezes durante a semana com um cronograma fixo de operação no porto. Para realizar cada viagem é necessário selecionar qual embarcação, dentre as disponíveis, irá efetuar a rota e quais cargas ela irá entregar, juntamente com eventuais espaços deixados para a coleta das cargas.

Para ajudar na seleção de qual barco realizará cada rota levando em consideração as coletas e entregas de carga, foram propostas duas estratégias que selecionam os espaços deixados para coleta em cada embarcação e comparadas com a prática usual da indústria. A prática usual consiste em reservar para coleta uma porcentagem da capacidade total da embarcação, ou seja, a capacidade para entrega de cargas é reduzida em uma porcentagem fixa.

Na primeira estratégia, é proposto um modelo matemático de programação inteira que faz um balanço entre a demanda de cargas para coleta e para entrega, considerando as cargas produzidas até o momento da seleção da embarcação. A segunda estratégia se assemelha a primeira, porém, faz uma estimativa da produção de cargas no momento que a embarcação estaria na instalação.

O propósito deste trabalho é analisar, para um cenário onde não é possível alterar a rota e com frota heterogênea, a aplicação de diferentes estratégias para o problema de coleta e entrega de carga e observar o impacto nos níveis de serviço de ambas operações, comparando com os resultados obtidos pela abordagem padrão. Para tal é utilizado o simulador de eventos discretos chamado APOLO, apresentado em [Vianna e Ferreira Filho 2019], que retrata a operação de uma importante empresa de petróleo que atua na costa brasileira.

Na próxima seção é feita uma breve revisão da literatura, seguida, na seção 3, da descrição do problema e do modelo matemático. Na seção 4 as estratégias propostas são aplicadas em um estudo de caso. E por fim, a conclusão junto com trabalhos futuros na seção 5.

2. Revisão da literatura

[Leite 2012**]** apresenta o cenário petrolífero brasileiro e faz uma análise abrangente sobre logística *offshore*, tratando do estudo de caso da Petrobras. O trabalho trata de recursos, o principal deles sendo os barcos, mas também de facilidades em terra, composição típica/variabilidade da carga de *deck* e indicadores chave de performance. É feita uma análise empírica, com o objetivo de reduzir o tamanho da frota e aumentar o nível de serviço no transporte de carga de *deck*, levando a estratégias que podem culminar em melhorias.

[Silva et al. 2018] e [Chagas et al. 2018] dão continuidade ao trabalho de [Leite 2012], propondo um otimizador para lidar com o problema de alocação de carga de entrega e expandido as estratégias para abastecimento de diesel.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

[Vianna e Ferreira Filho 2019] também analisam o cenário brasileiro *offshore*, apresentando um simulador de eventos discretos que retrata toda a operação e analisam o impacto que a escolha de embarcações com diferentes capacidades tem nos níveis de serviço das cargas de entrega.

Dentre os trabalhos na literatura, um grupo alia a resolução de problemas de entrega e retirada de cargas com o cenário de logística *offshore*. Em [Gribkovskaia et al. 2008] esse problema é abordado e resolvido através de heurística e modelo matemático que define rotas para a melhor retirada das cargas, considerando que só pode haver retirada de carga se ela for possível por completo.

[Andersson et al. 2015] apresentam uma versão simplifica para este problema com rotas fixas e com demandas e produções de cargas estocásticas. O problema é resolvido por um modelo de programação inteira mista onde ele seleciona quais pedidos de cada unidade serão entregues e coletados.

Em [Li et al. 2016] o problema de coleta e entrega é resolvido para transporte de cargas entre portos, onde um grupo de companhias trabalham juntas para maximizar a utilização das embarcações. O roteamento é uma das estratégias utilizadas para a resolução deste problema.

Já [Cuesta et al. 2017] resolvem um problema similar ao apresentado em [Gribkovskaia et al. 2008], para o caso brasileiro e estende para permitir casos onde a capacidade do barco planejado não seja suficiente e um barco de apoio seja necessário.

[Cuesta et al. 2018] aplica os modelos testados em [Cuesta et al. 2017] em um simulador. É adicionada uma classificação dos pedidos em normais e urgentes, permitindo a escolha de quais pedidos serão carregados na embarcação.

Este trabalho fornece estratégias para a solução do problema de coleta e entrega para casos onde a rota é fixa e a frota seja heterogênea, ambos fatores pouco explorados na literatura. Ele também leva em conta uma limitação operacional importante das instalações marítimas, a baixa capacidade de estocagem de carga, que gera o limitante operacional de que a coleta seja feita antes da entrega das cargas, esta abordagem operacional não foi encontrada em outros trabalhos na literatura.

3. Descrição do problema

As instalações marítimas apresentam demandas estocásticas de cargas para entrega e produções de cargas que precisam ser coletadas. As instalações são agrupadas em rotas predefinidas e fixas visando a diminuição da distância total que será percorrida.

Cada rota tem um número fixo de viagens semanais e apresenta horários fixos no porto para o começo das operações, não havendo, portanto, mudança no cronograma do porto e das instalações no horizonte de tempo. Para cada viagem de cada rota é escolhida uma embarcação, dentre as disponíveis na área de fundeio no horário definido para operação no porto. Vale ressaltar que uma rota, em diferentes viagens, pode ser atendida por diferentes embarcações supridoras, que compõe uma frota heterogênea.

Esta seleção deve ser feita para toda viagem, pois há variação nas demandas e nas produções de cargas. Além das aleatoriedades gerais da operação que impossibilitam prever quais as embarcações que estarão disponíveis no fundeio para cada viagem.

Há geração de demanda diária de cargas que as instalações necessitam para realizar as suas atividades, cada uma delas apresenta uma data limite para ser entregue. Se a carga for entregue antes dessa data limite, ela é considerada entregue dentro do prazo, aumentando o nível de serviço da operação, caso seja entregue depois da data limite, ela é considerada entregue atrasada, diminuindo o nível de serviço da operação. Estas datas limites para entrega visam retratar a urgência da instalação em receber determinada carga.

Não há a necessidade de entregar toda a demanda da rota em cada viagem, sendo aceitável que cargas menos urgentes fiquem alocadas para a viagem seguinte.

Também há produção diária de cargas que necessitam ser coletadas das instalações marítimas. Não é atribuído a elas nenhum tipo de urgência que possa diferenciar uma carga da outra.

A coleta das cargas pode acontecer de forma parcial, ou seja, apenas uma parte das cargas é retirada, respeitando a capacidade da embarcação, enquanto o resto permanece na instalação esperando por uma próxima embarcação.

Um limitante operacional das instalações é a baixa capacidade para armazenar cargas, com isso é necessário que a embarcação primeiro efetue a coleta das cargas para só depois efetuar a entrega das cargas.

Como não há caráter de urgência e nem de diferenciação para as cargas coletadas, retira-se as cargas produzidas há mais tempo. O total de carga coletada de uma instalação é o mínimo entre a demanda da instalação e a capacidade de transporte de carga de *deck* da embarcação, descontada das cargas que ainda não foram entregues e das cargas que foram coletadas das instalações anteriores.

Na Figura 1 é apresentado um esquema da operação. Onde P representa o porto, os números 1, 2 e 3 são as instalações que compõe a rota, d1, d2, d3 e d4 são as distâncias dos arcos, e1, e2 e e3 são as demandas para entregar cargas e r1, r2 e r3 as demandas para coletar cargas. A embarcação realiza a rota na ordem definida pelas setas coletando as cargas produzidas, que podem ou não corresponder ao total da rota, e entregando as cargas alocadas previamente no porto.

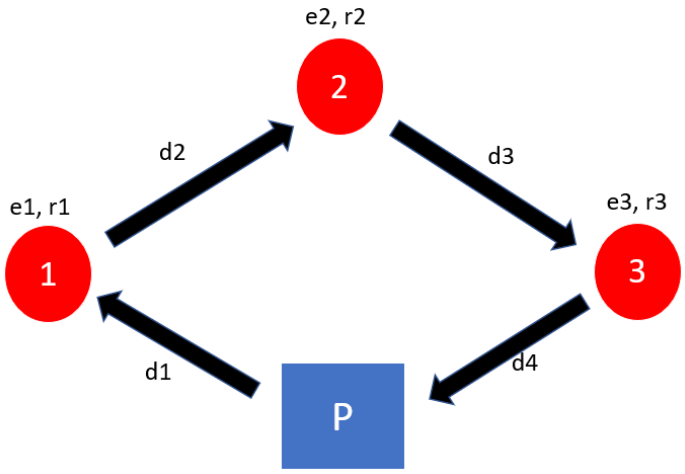


Figura 1: Esquema de uma viagem.

Como são estocásticos os tempos de navegação, os tempos de operação nas instalações bem como a produção diária de cargas, não é possível a determinação exata do espaço a ser reservado na embarcação para a coleta de todas as cargas das instalações.

É necessário definir como é feita a alocação das embarcações as rotas e como funciona a seleção dos pedidos, para tanto é utilizada a heurística apresentada em [Vianna e Ferreira Filho 2019], que pode ser resumida da seguinte forma:.

A prioridade da heurística é selecionar uma embarcação, dentre as disponíveis no fundeio, que seja capaz de entregar o máximo da demanda de cargas para as instalações que compõe a rota, minimizando o espaço ocioso da embarcação selecionada. Este processo é repetido para cada viagem de cada rota, já que pode haver mudanças de demanda e no grupo de embarcações disponíveis no fundeio.

O processo de escolha da embarcação começa com a análise da capacidade de entrega de cargas de todas as embarcações disponíveis no fundeio. A capacidade de entrega de cargas é

definida como a capacidade total da embarcação menos o espaço reservado para a coleta de cargas.

Com isso, a escolha pode ser dividida em dois casos. No primeiro caso, representado na parte *a)* da Figura 2, a demanda pela entrega de cargas (D) da rota é menor que a maior capacidade de entrega das embarcações disponíveis (C), neste caso seleciona-se a embarcação com menor capacidade de entrega dentre aquelas que apresentem capacidade de entrega maior que a demanda da rota, carregando-a com todas as cargas demandadas pela rota. No segundo caso, representado pela parte *b)* da Figura 2, a demanda pela entrega de cargas (D) da rota é maior que a maior capacidade de entrega das embarcações disponíveis (C), neste caso seleciona-se a embarcação com maior capacidade de entrega e carrega-a com os pedidos de carga ordenados pela data de entrega, priorizando os pedidos com data de entrega mais curtas.

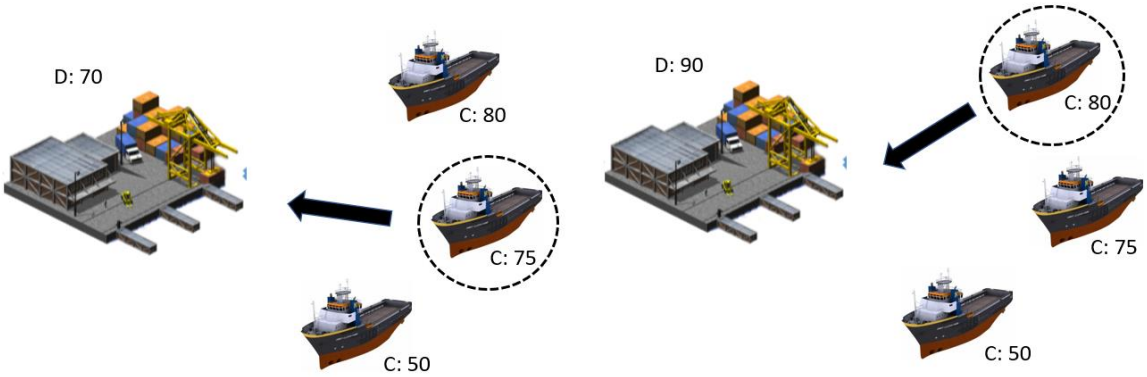


Figura 2:a) Seleção da embarcação quando a demanda por cargas de entrega das instalações é menor que a capacidade de entrega de alguma embarcação disponível. b) Seleção da embarcação quando a demanda por cargas de entrega é maior que a capacidade das embarcações disponíveis.

Antes de realizar a etapa de alocação, é necessária determinar qual o espaço reservado para cargas de coleta de cada uma das embarcações disponíveis no fundeio. São propostas duas estratégias para a determinação deste espaço e comparadas com a prática usual de reservar uma porcentagem da capacidade da embarcação, que não poderá ser ocupada com carga para entrega.

Para a Estratégia 1 é proposto um modelo de programação inteira que visa minimizar o número de cargas não recolhidas nas instalações, considerando só as cargas já produzidas no momento da programação. Já para a Estratégia 2 é utilizado o mesmo modelo matemático da Estratégia 1, porém, se considera as cargas que serão produzidas até o momento que a instalação for visitada pela embarcação.

A estratégia escolhida afeta cada embarcação disponível no fundeio, pois cada embarcação terá um espaço reservado para coleta de carga diferente. Este espaço depende da capacidade da embarcação, da estratégia escolhida e da demanda das instalações da viagem.

As estratégias são associadas ao simulador de eventos discretos, permitindo que as operações sejam analisadas com toda a estocasticidade inerente a problemas de logística *offshore*. Com essa junção, é possível analisar os impactos que cada estratégia tem no nível de serviço de entrega de carga e nos indicadores referentes as cargas coletadas.

3.1 Modelo matemático das Estratégias 1 e 2

O modelo de programação inteira desenvolvido realiza um balanço de massa entre as cargas de coleta e de entrega, respeitando a capacidade da embarcação, e com isso seleciona o espaço reservado para a coleta de cargas em cada embarcação.

O conjunto $DE_{j,i}$ representa as quantidades de carga de entrega que cada instalação *i* (I) receberia para uma quantidade *j* de carga de entrega total sendo transportada *(CTT)*. O conjunto DR_i é composto pela demanda de cargas que necessitam ser coletadas para cada instalação *i*. *C* é a capacidade de transporte de carga da embarcação e α é o fator que garante o domínio das cargas coletadas sobre as cargas entregues.

As variáveis de decisão do problema são divididas em:

QMT_j 1 se a quantidade j for a máxima que pode ser transportada de cargas de entrega; 0 caso contrário
CE_i Cargas destinadas a entrega remanescentes na embarcação após a visita a instalação *i*
CR_i Cargas já coletadas presentes na embarcação após a visita a instalação *i*

O problema está sujeito as seguintes restrições:

$$max \quad CR_{ultima} + \alpha * CE_0 \qquad (1)$$

s.t.

$$C \geq CR_i + CE_i \qquad \forall\, i \in I \ (2)$$

$$CE_0 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in CTT} DE_{j,i} * QMT_j \qquad (3)$$

$$CE_i = CE_{i-1} - \sum_{j \in CTT} DE_{j,i} * QMT_j \qquad \forall\, i \in [1, I] \ (4)$$

$$CR_0 = 0 \qquad (5)$$

$$CR_i = CR_{i-1} + \min\,(DR_i, C - CE_{i-1} - CR_{i-1}) \qquad \forall\, i \in [1, I] \ (6)$$

$$\sum_{j \in CTT} QMT_j = 1 \qquad (7)$$

$$QMT_j \in \{0,1\} \qquad (8)$$

$$CE_i \in \mathbb{Z}^+ \qquad (9)$$

$$CR_i \in \mathbb{Z}^+ \qquad (10)$$

A função objetivo (1) maximiza o número de cargas coletadas da rota e, como fator desempate, maximiza a quantidade de cargas de entrega que possam ser transportadas. As restrições (2) determinam que a quantidade de carga transportada após cada instalação *i* não pode ultrapassar a capacidade C da embarcação. As restrições (3) e (5) definem a condição inicial para a quantidade de carga que ainda precisa ser entregue na viagem e da quantidade de carga que já foi coletada. Já as restrições (4) e (6) controlam o balanço de cargas após a visita em cada instalação. A restrição (7) garante que haja apenas uma quantidade máxima para as cargas de entrega que podem ser transportadas. (8), (9) e (10) são as restrições de integralidade do problema.

O espaço reservado para coleta de carga é zero se o modelo permitir que o barco leve toda a demanda por entrega de carga, ou seja, $QMT_j = 1$ para *j* igual ao somatório dos valores de *DE*. Caso outro *QMT* seja 1, o espaço reservado para coleta é igual ao somatório dos valores de *DE* menos a carga máxima *j* permitida (*j* onde $QMT_j = 1$).

Para obtenção da estimativa de produção de cargas para cada instalação no momento da operação, utilizada na Estratégia 2, é necessário assumir valores determinísticos para a produção diária de cargas de cada instalação e para o tempo que a embarcação levará até começar a operação em cada instalação, considerando tempos de operação no porto, tempos de navegação e de operação e espera em unidades anteriores. Em ambos os casos, utilizou-se a média dos valores para tal consideração.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

De posse destes valores, acresceu-se ao DR_i um valor referente a previsão de aumento de demanda de carga para o momento que a operação começará em cada instalação *i*.

4. Experimentos

Todos os testes realizados foram executados em uma máquina equipada com Windows Server® Intel® Xeon® CPU E5-2620 v4 @ 2.10GHz com 2 processadores e 256 GB de memória RAM. Foi utilizado o Python 3.6 para a implementação do simulador APOLO e das estratégias propostas, o Solver utilizado foi o Gurobi 8.0.0.

A metodologia, apresentada previamente, é aplicada em uma instância real presente no litoral brasileiro. Ela apresenta um total de 90 instalações, entre produtoras e perfuradoras, divididas em 23 rotas. As 90 instalações apresentam, somadas, uma produção semanal em torno de 2500 cargas e uma demanda semanal em torno de 2700 cargas. A frota responsável pelo atendimento destas instalações é composta por 35 embarcações do tipo PSV (*Platform Supply Vessel*). As instalações são visitadas duas vezes por semana em cronogramas com horário fixo no porto e rota predefinida.

Os experimentos acontecem para um período de 270 dias, onde 90 dias representam o tempo de aquecimento e 180 dias de simulação válida. Cada cenário é repetido 30 vezes, para o colhimento de estatísticas, e os resultados são gerados com um intervalo de confiança de 95%.

O principal indicador da operação é o nível de serviço da carga entregue. Ele consiste na parcela de pedidos entregues no prazo do total entregue. Os indicadores analisados referentes a coleta de cargas são: coleta de todas as cargas, representa a parcela de visitas onde todas as cargas foram coletadas, não sobrando nenhuma na instalação; nível de serviço das cargas coletadas, representa a parcela de cargas coletadas em cada viagem (0 se nenhuma carga for coletada e 1 se todas forem coletadas); e o *lead time* médio, definido como o tempo desde a produção da carga até o momento que ela foi coletada na instalação.

O resultado dos indicadores e dos intervalos de confiança, para as duas estratégias propostas e para a abordagem usual com um espaço reservado de 15%, é apresentado na Tabela 1. As Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 auxiliam na comparação das estratégias para cada um dos indicadores utilizados.

As três estratégias obtiveram resultados semelhantes para o nível de serviço da entrega das cargas, mostrando que um bom gerenciamento do espaço reservado para a coleta de cargas pode ser competitivo em cenários com foco nas cargas de entrega. A necessidade de um maior espaço reservado para algumas viagens é compensada pela necessidade de um menor espaço reservado em outras.

A coleta de toda a carga apresenta resultados melhores com a aplicação da Estratégia 1 em detrimento da prática usual. Em decorrência da previsão de qual será a produção de carga no momento da operação na instalação, a Estratégia 2 apresenta resultados consideravelmente superiores as duas outras estratégias, atingindo o recolhimento de todas as cargas em torno de 90% das vezes.

A estratégia atual apresenta um nível de serviço para a carga coletada em torno de 50% menor que as Estratégias 1 e 2, configurando que há um acúmulo muito grande de carga nas instalações. Devido ao espaço limitado, este acúmulo pode atrapalhar as operações, gerando atrasos nas rotinas diárias da instalação. Ambas estratégias propostas atingiram alta eficiência nesse indicador, conseguindo coletar mais de 80% das cargas produzidas em cada viagem.

As estratégias propostas atingem uma redução de mais de 50% no *lead time* médio de coleta quando comparadas a prática usual. Este indicador fornece bons indícios para saber como os modelos se comportariam se as cargas produzidas também tivessem diferentes níveis de urgência e data limites para serem coletadas, cenário similar ao das cargas entregues.

A Estratégia 2 visa um alto padrão para os indicadores de coleta de cargas mas gera resultados mais instáveis para o nível de serviço da entrega de cargas, como pode ser vista pelos

gráficos apresentados na Figura 3. Para cenários com diferentes tamanhos e composições de frota, e diferentes demandas e produções de cargas, ela pode apresentar uma maior deterioração dos níveis de serviço de entrega de carga que os apresentados por outras estratégias.

A Estratégia 1 apresenta resultados ligeiramente piores nos indicadores da coleta de cargas que a Estratégia 2, porém, apresenta um nível de serviço da entrega de carga com um comportamento mais estável, lidando melhor com a eventuais mudanças no cenário testado.

Tabela 1: Resultados para todos as estratégias.

Indicador	Intervalo de confiança	Estratégia		
		Usual	1	2
Nível de serviço de carga entregue	Inferior	87,83%	87,52%	87,29%
	Média	**87,94%**	**87,71%**	**87,57%**
	Superior	88,05%	87,90%	87,84%
Coleta de todas as cargas	Inferior	73,68%	75,90%	89,44%
	Média	**73,95%**	**76,33%**	**89,70%**
	Superior	74,23%	76,75%	89,97%
Nível de serviço da carga coletada	Inferior	43,48%	81,85%	88,08%
	Média	**44,60%**	**82,27%**	**88,93%**
	Superior	45,72%	82,69%	89,78%
Lead time médio da carga coletada (dias)	Inferior	5,43	2,66	2,35
	Média	**5,58**	**2.69**	**2,39**
	Superior	5,74	2,72	2,44

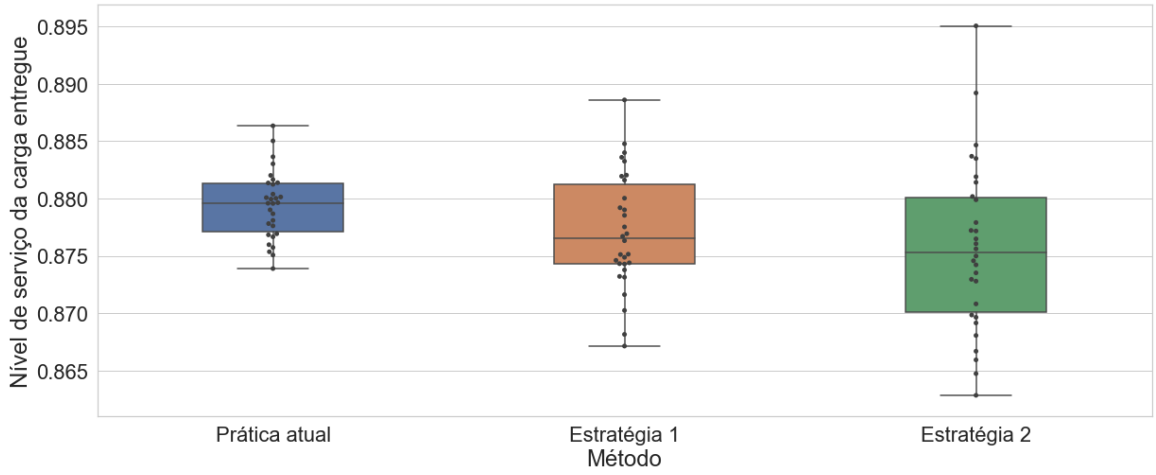


Figura 3: Nível de serviço referente a entrega de carga.

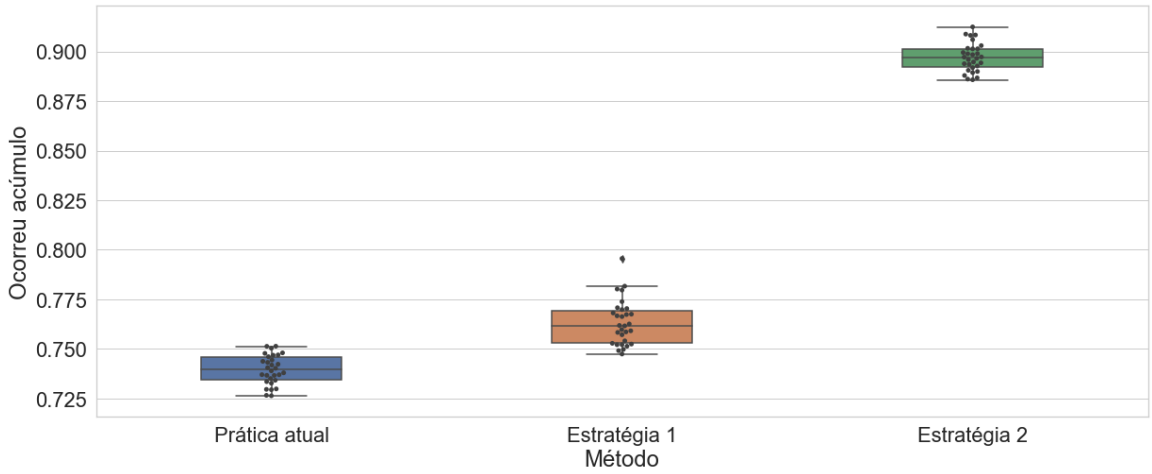


Figura 4: Coleta de toda carga.



Figura 5: Nível de serviço da carga coleta.

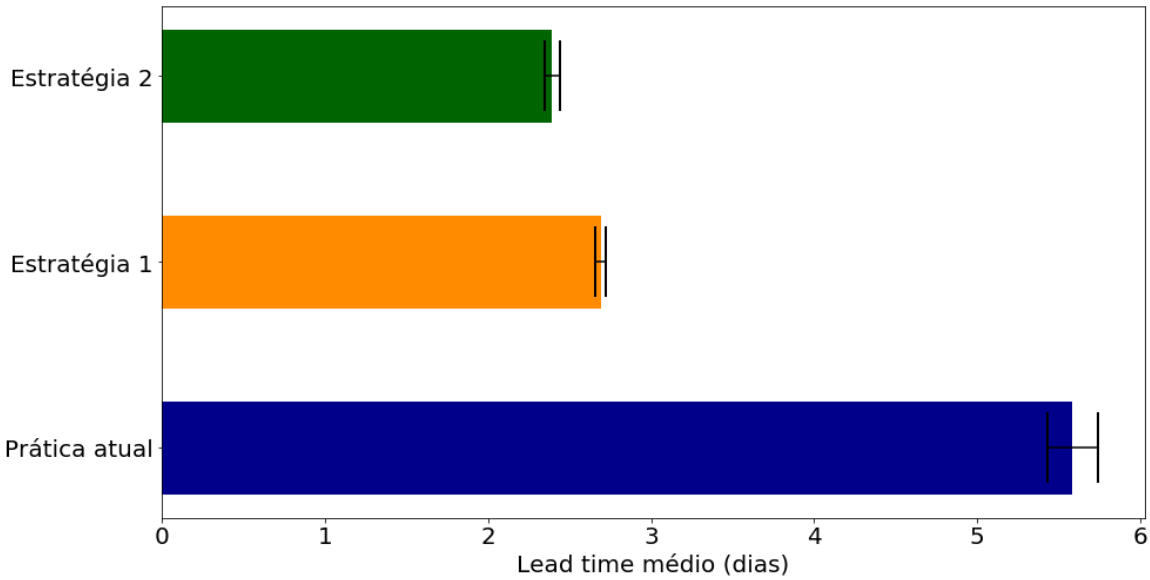


Figura 6: Lead time de coleta médio.

5. Conclusão e trabalhos futuros

Na literatura, trabalhos de alocação de embarcações *offshore* como [Chagas et al. 2018] e [Vianna e Ferreira Filho 2019], focam apenas na entrega de cargas, sem análises na coleta, e trabalhos sobre coleta e entrega como [Cuesta et al. 2017] e [Cuesta et al. 2018], focam no roteamento de uma frota homogênea como solução. Este trabalho teve como objetivo propor o uso da alocação de embarcações de uma frota heterogênea para resolver o problema de coleta e entrega para casos onde a rota da viagem é fixa, considerando a limitação operacional de que a coleta deve ser efetuada antes da entrega na instalação.

Para alcançar este objetivo, foram propostas 2 estratégias baseadas em balanço de massa e resolvidas com programação inteira, que determinam o espaço reservado para a coleta de cargas que cada uma das embarcações, disponíveis no fundeio, necessita ter para realizar a viagem. A comparação das estratégias foi feita contra uma prática atual da indústria, de reservar uma porcentagem fixa da embarcação para as cargas de coleta.

As estratégias foram usadas em conjunto com um simulador de eventos discretos para avaliar os resultados. O simulador permite uma análise considerando todas as estocasticidades da operação de logística *offshore*.

As estratégias propostas apresentaram uma grande melhora nos indicadores de coleta de carga, sem perda no nível de serviço das cargas entregues, quando comparadas a prática atual. Mostrando que utilizar um espaço reservado para cada viagem, que dependa das demandas de entrega e coleta de cargas, é uma abordagem que pode ser mais bem explorada.

Os bons resultados abrem perspectivas para trabalhos futuros interessantes ao aliar as estratégias aqui propostas com a abordagem de roteamento, a mais tradicional para resolver problemas de coleta e entrega, gerando resultados potencialmente melhores do que se aplicadas separadamente.

Outra abordagem possível seria aliar as estratégias aqui propostas com a seleção de quais pedidos, de mesma urgência, serão entregues para cada instalação, visando maximizar o número de cargas coletadas.

Referências

Andersson, H., Cuesta, E. F., Fagerholt, K., Gausel, N. T. e Hagen, M. R. (2015). Order Management in the offshore oil and gas industry. *In Anais Computational Logistics, 6th ICCL '15*, 9335.

Chagas, R. D. S., Bitterncourt, G. C., Silva, V. A., Vianna, I. G. P., Longhi, R. P., Ribas, P. C. e Ferreira Filho, V. J. M. (2018). Programação de Cargas em Barcos de Suprimento de Unidades Marítimas. *In Anais L SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, At Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, SOBRAPO.

Cuesta, E. F., Andersson, H., Fagerholt, K. e Laporte, G. (2017). Vessel routing with pickups and deliveries: An application to the supply of offshore oil platforms, *Computers and Operations Research*, 79:140–147.

Cuesta, E. F., Andersson, H. e Fagerholt, K. (2018). Offshore supply planning in a rolling time horizon, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11184 LNCS:17–31.

Gribkovskaia, I., Laporte, G. e Shyshou, A. (2008). The single vehicle routing problem with deliveries and selective pickups, *Computers and Operations Research*, 35(9):2908–2924.

Leite, R. P. (2012). *Maritime transport of deck cargo to Petrobras fields in Campos Basin: an empirical analysis, identification and quantification of improvement points*. PUC-Rio.

Li, Y., Chen, H. e Prins, C. (2016). Problem With Time Windows, Profits, and Reserved Requests. *European Jornal Operational Research*, 000:1–12.

Silva, V. A., Bittencourt, G. C., Vianna, I. G. P., Chagas, R. S., Longhi, R. P., Ribas, P. C. e Ferreira Filho, V. J. M. (2018). Decision support tool applied to supply vessel scheduling in offshore logistics. *In Anais Rio Oil & Gas*, Rio de Janeiro.

Vianna, I. G. P. and Ferreira Filho, V. J. M. (2019). Análise de diferentes políticas de redução da frota com o uso de heurística e simulação de eventos discretos. *In Anais LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Limeira, SOBRAPO.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings