



SIMULAÇÃO DA CARGA MOVIMENTADA NO TERMINAL INTERMODAL DO PORTO DE LEIXÕES

M. Ferreira, C. A. Silva, C. Guedes Soares

Unidade de Engenharia e Tecnologia Naval,
Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa

Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

marcio.m.ferreira@gmail.com, csilva@mar.ist.utl.pt, guedess@mar.ist.utl.pt

Resumo

Analisa-se o desempenho de um terminal intermodal quando este se encontra sujeito a variadas condições de operação. Estas condições vão ser conseguidas através de uma variação paramétrica de alguns dos parâmetros operacionais, tais como: ocupação do terminal, recursos e transportadores; tempos de operação das diversas entidades; tempos de espera das entidades de maior importância; restrições e congestionamentos verificadas aquando da operação.

Também de elevado interesse, e além da usual análise e previsão da evolução das operações no terminal de contentores, estuda-se a viabilidade e necessidade de investimentos em áreas operacionais. Aumento do cais de atracação, desenvolvimento de parques de contentores adicionais, aquisição de mais equipamentos, etc. são alguns dos casos analisados.

Realizou-se a simulação através do uso de um modelo desenvolvido de modo a aplicar os tratamentos estatísticos provenientes dos dados disponíveis.

1. Introdução

Os métodos de simulação já foram aplicados em vários estudos destinados a melhorar a produtividade da operação de terminais. Liu, Julia, et al. (2004) analisaram o efeito de métodos de modelação e simulação em terminais automatizados de modo a melhorar o desempenho do sistema convencional. Também Gambardella, Bontempi, et al. (1996) apresentaram, uma metodologia para se usar a simulação em previsão e planeamento nas operações diárias e decisões a longo prazo para operadores a trabalhar em terminais Intermodais de contentores. Silva e Guedes Soares (2007) fizeram uma análise do efeito da variação dos parâmetros interiores ao porto quando sujeito a diversas condições, e qual o efeito destas variações no seu desempenho.

O modelo que se vai apresentar pretende avaliar o estado operacional do terminal intermodal, quando se fazem variações nos tempos de chegadas dos navios e dos camiões, ou seja dos parâmetros exteriores ao porto. Pode-se deste modo verificar se a configuração actual do porto é o mais vantajoso ou se há espaço para optimização, e em que parâmetros se poderá actuar para maximizar o rendimento do terminal. A simulação permite obter diversos dados: tempos de espera, tempos em porto, tempos de atendimento, taxa de ocupação dos equipamentos, tamanhos das filas de espera, etc. com os quais se poderão fazer análises de optimização de desempenho fazendo alterações a características do terminal.

A simulação foi feita tendo como ponto de partida o caso médio verificado resultante do tratamento dos diversos dados disponibilizados pelo terminal, posteriormente foi efectuada uma variação paramétrica em torno desse caso da taxa de chegada nos navios e dos camiões.

Com o intuito de se fazer um estudo mais realista o modelo foi aplicado ao porto de Leixões, podendo assim ficar-se com uma ideia se o actual modo de operação do porto é o mais adequado sob o ponto de vista de maximização do uso dos recursos.



2. Modelação de um terminal Intermodal

Para o desenvolvimento do modelo foi usado o programa *Arena* da *Rockwell Software*, que se descreve brevemente, assim como a ideia por de trás do conceito de terminal Intermodal.

No terminal Intermodal podem-se ver claramente definidas três áreas distintas: operações no hinterland; operações do parque e operações marítimas. Serão estas a áreas que vão ser modeladas. Convém chamar a atenção que a interacção entre cada uma delas é uma parte que pode ser problemática pois existem entidades (os atrelados do parque) que têm que se movimentar em todas elas.

2.1. Fluxograma

Pode-se ver claramente na figura 1, 3 zonas distintas: as operações dos camiões, as operações no parque e as operações no navio.

Na primeira zona desenvolvem-se as operações dos camiões, em que o camião chega, é decidido se vai efectuar operação de carga, descarga ou ambas, assim como se vai para o terminal norte ou para o terminal sul (definidas por funções de distribuição). De seguida espera que lhe seja atribuído um atrelado, vazio ou cheio, de acordo com a operação a realizar. Depois de efectuada a operação o camião sai do terminal e o atrelado fica disponível para outras tarefas.

Na zona seguinte há as operações no parque. Estas começam quando os contentores são “entregues” aos atrelados. Nesta altura faz-se uma avaliação de qual é o parque que está mais vazio, se for operação de descarga, ou mais cheio se for de descarga e encaminha-se o contentor para esse parque.

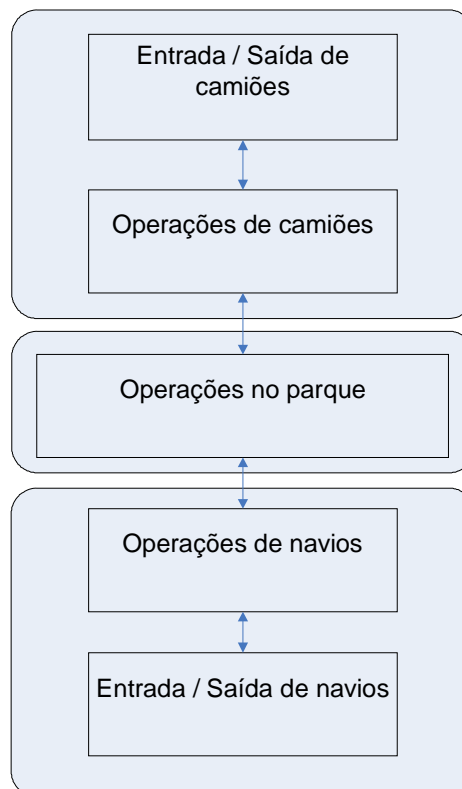


Figura 1 – Fluxograma do terminal Intermodal

Por fim, há as operações dos navios, que apresentam semelhanças com as dos camiões.

Assim, após a chegada do navio, decide-se se vai para o terminal norte ou terminal sul, depois verifica-se qual o cais que está disponível.

Confirma-se quais os parques mais vazios ou cheios consoante a operação seja a descarga ou a carga e de acordo com as condições específicas do navio acostado. Solicita-se os atrelados e é efectuada a tarefa de transferir todos os contentores associados á operação desse navio em particular, finalmente o cais é libertado, de modo a permitir outro navio atracar.

De referir que podiam ainda ter sido consideradas operações com comboios, porém para simplificar o modelo e também porque comparativamente aos camiões as operações dos comboios podem ser desprezadas, esta componente não foi inserida na simulação.

Silva e Guedes Soares (2007), apresentam uma descrição mais detalhada de como se efectua estes processos para um terminal Intermodal genérico.

2.2. Desenvolvimento do modelo

No modelo criado existem três componentes distintas: a componente lógica, a componente interactiva e a parte de assistência ao utilizador.

A componente lógica é aquela onde se efectua a modelação do terminal. É aqui que se definem os parâmetros do sistema, as funções de distribuição e toda a parte de programação que faz funcionar o modelo. Esta foi dividida em várias zonas: zona de chegada de entidades (camiões e navios), zonas das operações de atracação de navios e cargas e descarga, selecção de cais e portarias, zona das operações no parque e saída dos camiões e a zona que simula as manutenções e o meu tempo.

A componente interactiva que representa a realidade física do porto, é aquela que o utilizador vê e utiliza para controlar o progresso da simulação. Aqui também há várias zonas distintas, de acordo com o que se passa na realidade, ou seja, há uma zona que representa a portaria dos camiões, zonas que representam os cais do terminal norte, os cais do terminal sul, o parque de contentores do terminal norte e do terminal sul., as oficinas e as zonas de estacionamento dos atrelados. Os percursos efectuados pelos atrelados são iguais aos que se praticam no terminal.

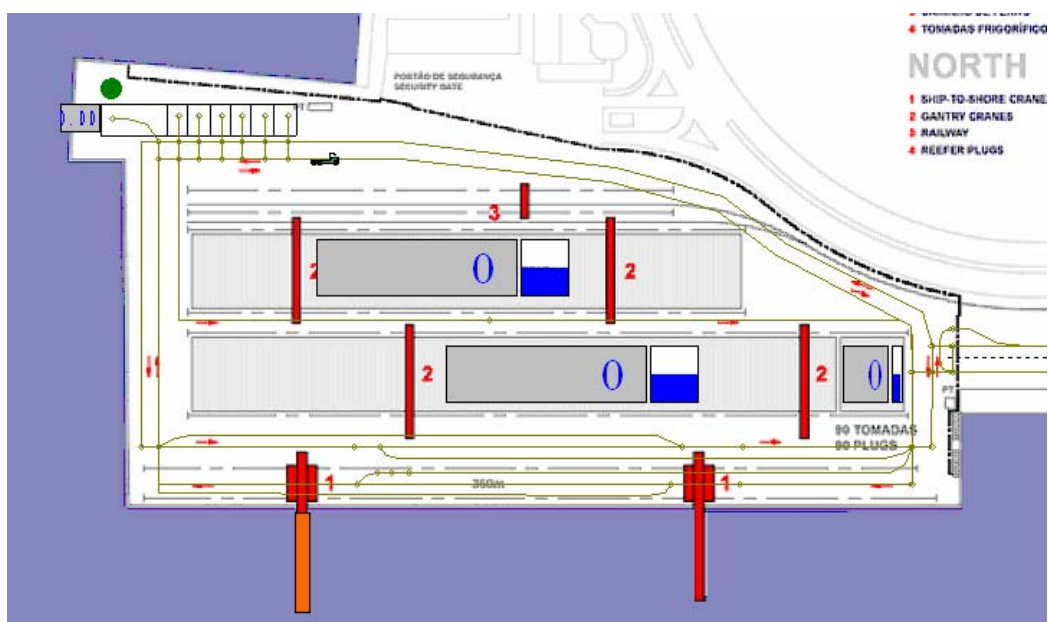


Figura 2 – Terminal norte

Pode-se ver na figura 2 a representação do terminal norte, onde se pode destacar 4 zonas onde ocorrem operações: o cais, o parque, a portaria (zona à direita) e a zona de estacionamento/oficina (no canto superior esquerdo). Também são visíveis os percursos percorridos pelos atrelados, os quais têm as distância semelhantes às reais. Na zona do parque há contadores que informam o número instantâneo de contentores no parque. Na zona da oficina também há um contador que informa sobre a ocupação da mesma.

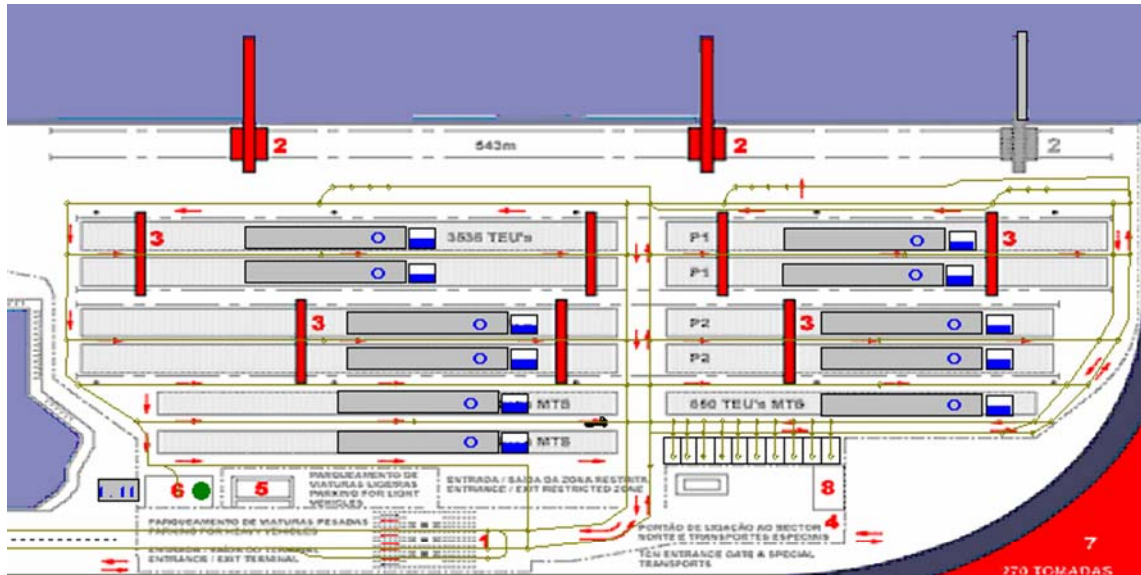


Figura 3 – Terminal sul

Tal como no terminal norte também no terminal sul há varias zonas distintas de operação. Os cais, os parques, a portaria, as oficinas e os estacionamentos. No canto inferior esquerdo há as oficinas, onde se pode ver um contador, para tal como na oficina norte, visualizarmos a ocupação desta. Em baixo ligeiramente à direita estão os estacionamentos e à esquerda estão as portarias. Tal como no terminal norte também aqui existem contadores para se visualizar o número instantâneo de contentores nos parques.

Por fim há a componente de assistência ao utilizador que se encontra dividida em duas partes: uma para consulta directa, durante a corrida do modelo e outra, que escreve os resultados para ficheiros de saída, para depois poderem ser consultados e analisados.



Figura 4 – Quadro de resultados exemplificativo



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

Na figura 4 está um extracto exemplificativo da componente visual dos resultados, que se encontra dividida em três partes: uma diz respeito aos parques, outra aos transportadores e a outra às entidades.

A informação disponibilizada é a seguinte:

Parque de contentores:

- Número instantâneo de contentores dos parques
- Ocupação média dos parques

Transportadores:

- Ocupação média
- Ocupação instantânea
- Números de atrelados ocupados
- Número médio de atrelados ocupados
- Tempo de operação
- Tempo de espera no percurso

Entidade Navio:

- Número de navios atendidos
- % de navios atendidos no norte/sul
- Navios em espera no cais norte/sul
- Tempo do navio em cais
- Tempo máximo e mínimo do navio em cais
- Tempo em espera no cais norte/sul

Entidade Camião

- Número de camiões atendidos
- % de camiões atendidos no norte/sul
- Tempo dos camiões no terminal
- Tempo máximo e mínimo dos camiões nos terminais

Na parte da escrita de ficheiros de saída, há duas partes: o registo a curto prazo e o registo a longo prazo, como já foi explicado na introdução.

Os ficheiros obtidos são quatro e dizem respeito aos transportadores, recursos, parques e entidades.

3. Resultados

Com o intuito de tornar mais realista o modelo, ele foi aplicado ao porto de Leixões. Assim um contacto com as autoridades portuárias e com o concessionário do terminal de contentores, a TCL (Terminal de Contentores de Leixões), permitiu obter dados com os quais se estimaram as



funções de distribuição e outros parâmetros necessários à simulação. O modelo nunca poderá ser completamente fiel à realidade, pois houve muitos constrangimentos e simplificações que foram impostos, quer por falta de dados, quer por motivos de simplificação computacional. Ainda assim houve o cuidado de se introduzir o factor mau tempo, assim como a inutilização dos recursos em consequência de diversas manutenções.

3.1. Caso Representativo

Considera-se o caso representativo, aquele que representa o funcionamento com os valores médios dos parâmetros, os quais obedecem às funções de densidade de probabilidade obtidas pela análise dos dados fornecidos pelo porto, e com elas tenta-se recriar as condições de trabalho usuais dos terminais. Para as variáveis de curto prazo fez-se o registo durante 2160 horas (90 dias) e para as de longo prazo 24000 horas (1000 dias), sendo estes intervalos temporais considerados em resultado do tempo requerido a um recurso estabilizar num nível constante de operação

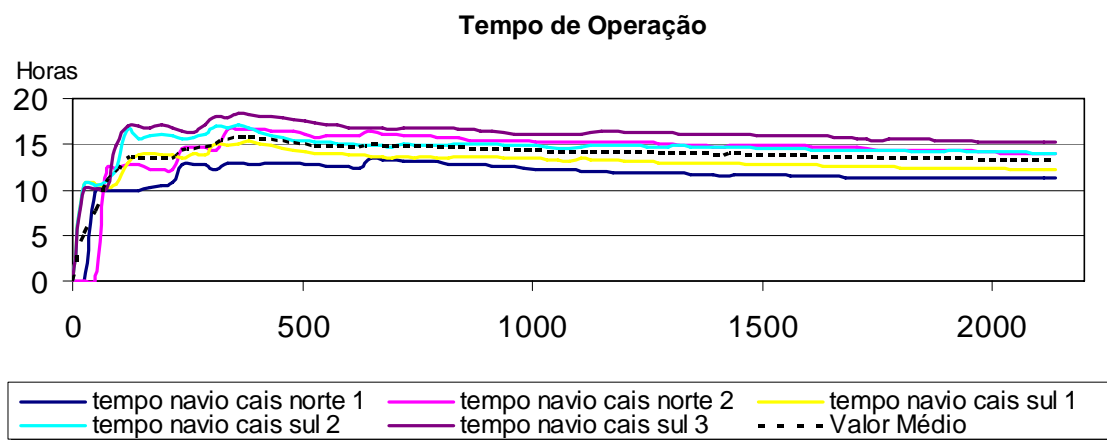


Figura 5 – Tempo de operação total dos navios

No gráfico da figura 5 está a informação acerca do tempo que demoram as operações dos navios, ou seja, o tempo que decorre desde que o navio entra em porto, até que sai.

Apresentam-se valores para cada um dos cais, e um valor médio de todos os cais.

Olhando rapidamente para o gráfico pode-se constatar que qualquer dos tempos de operação tende para um valor médio. Em média um navio está em porto cerca de 13,24 horas.

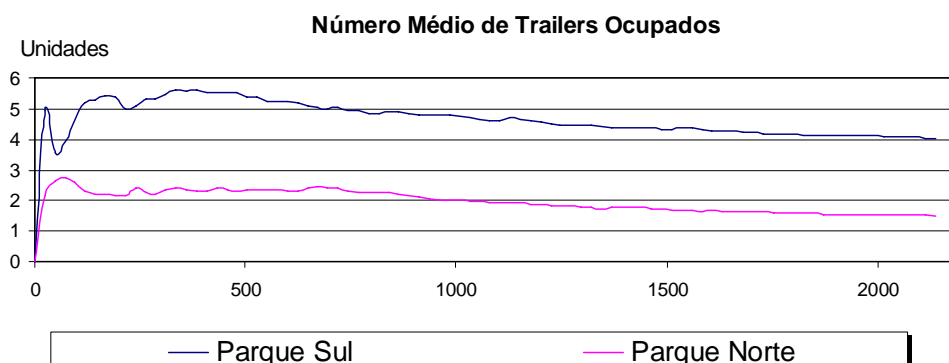


Figura 6 – Número médio de atrelados ocupados

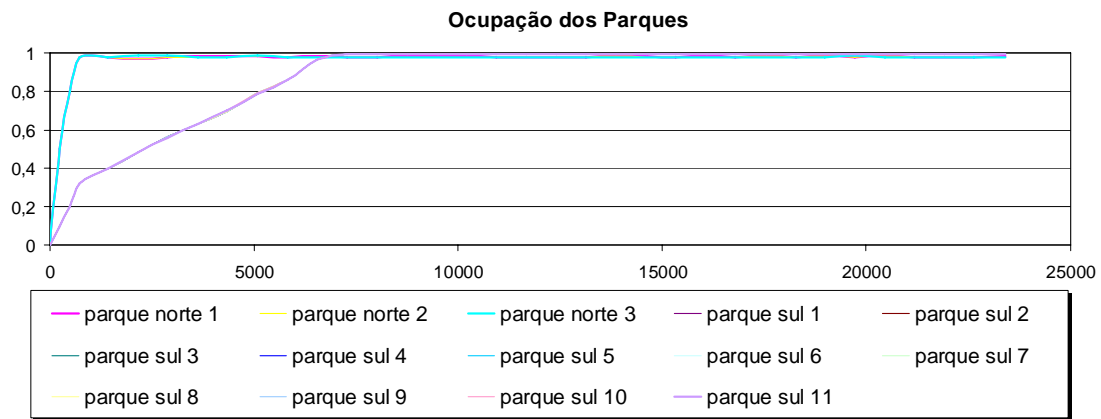


Figura 7 – Ocupação dos parques

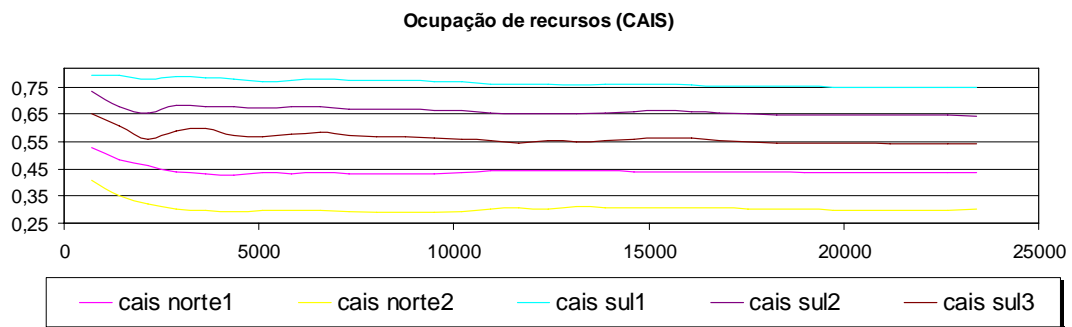


Figura 8 – Ocupação dos cais

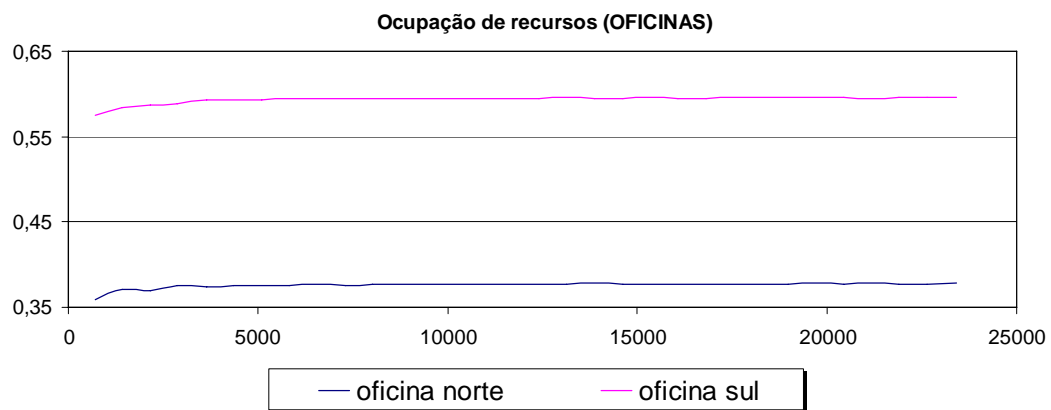


Figura 9 – Ocupação das oficinas

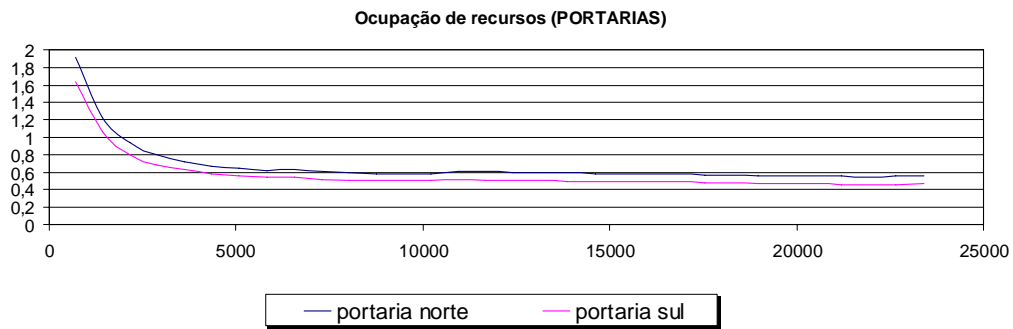


Figura 10 – Ocupação das portarias

Olhando para os gráficos 6 a 10 podem observar que todos têm um aspecto em comum, com o decorrer do tempo existe tendência a convergir para um valor estacionário. Isto sugere que o sistema ao final de algum tempo tende para um equilíbrio operacional, há parâmetros que o atingem ao fim de pouco tempo enquanto que outros demoram substancialmente mais tempo.

3.2. Variação Paramétrica

Efectuou-se uma variação dos principais parâmetros exteriores ao terminal, chegada de navios e de camiões ao porto, com o intuito de perceber qual seria a reacção do sistema a essa variação, e qual será de facto o caso em que o porto estará a trabalhar no seu máximo desempenho, se o actual ou outro.

Para melhor se visualizar esta variação apresentam-se gráficos em 3D, que permitem uma melhor percepção da variação dos parâmetros. Nos eixos das abcissas e ordenadas encontram-se os intervalos médios entre chegadas de cada entidade, sendo a cota o valor obtido para essa situação em particular.

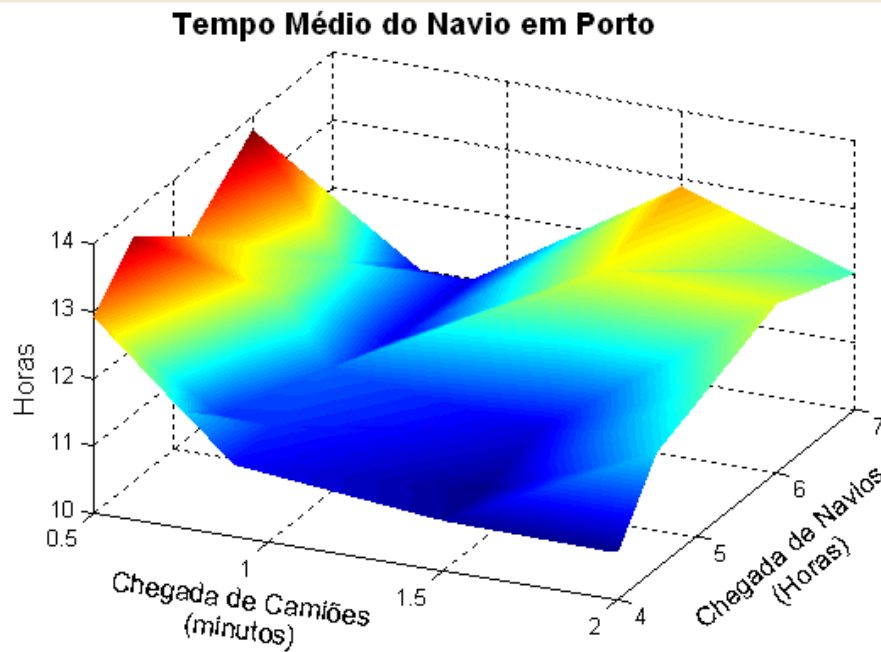


Figura 11 – Tempo de operação dos navios

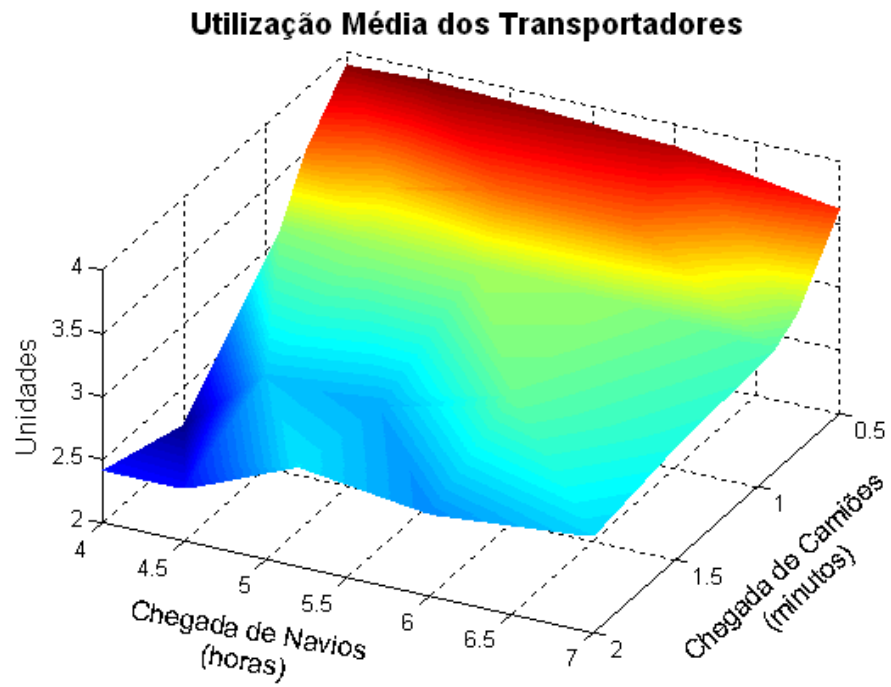


Figura 12 – Utilização média dos transportadores

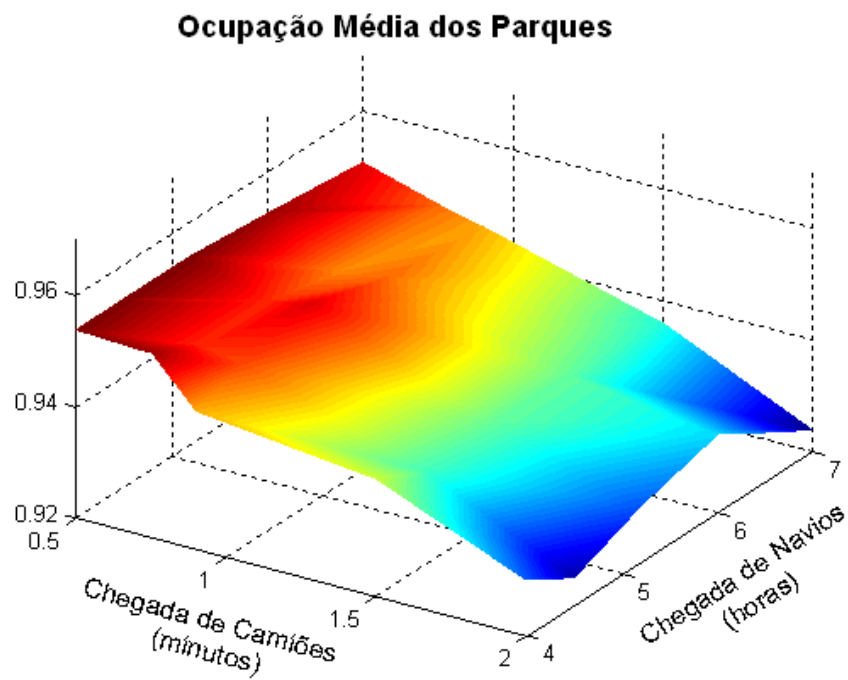


Figura 13 – Ocupação média dos parques

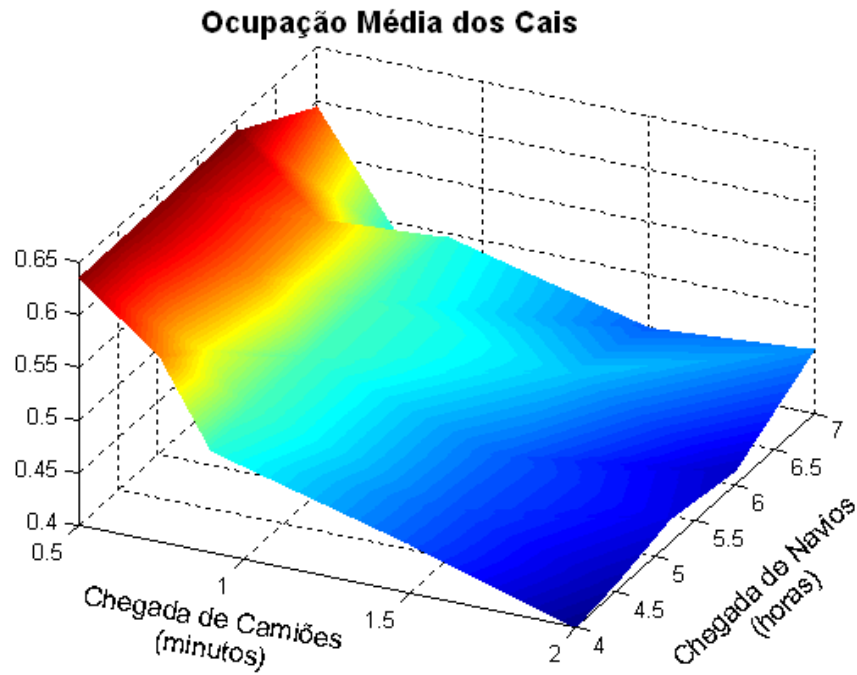


Figura 14 – Ocupação média dos cais

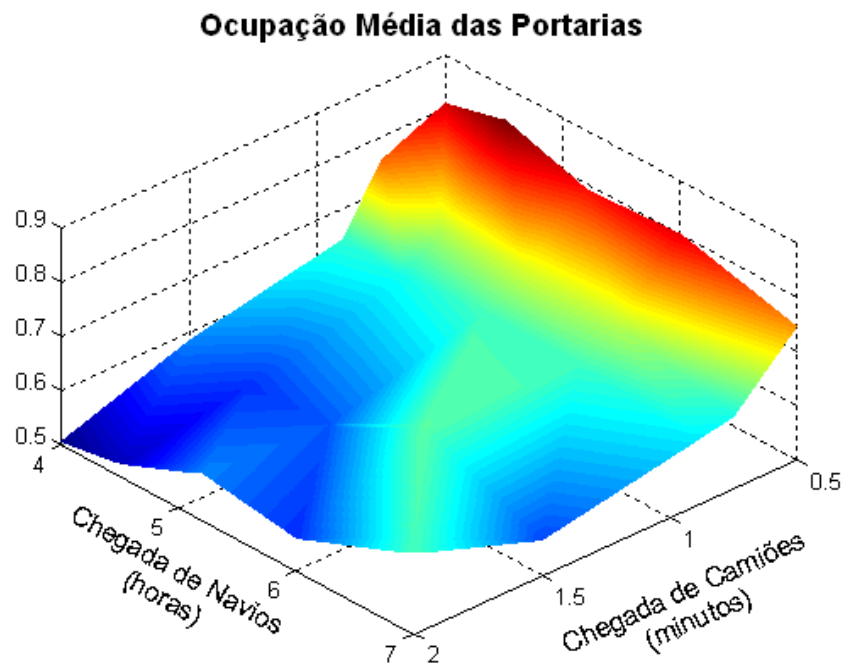


Figura 15 – Ocupação média das portarias

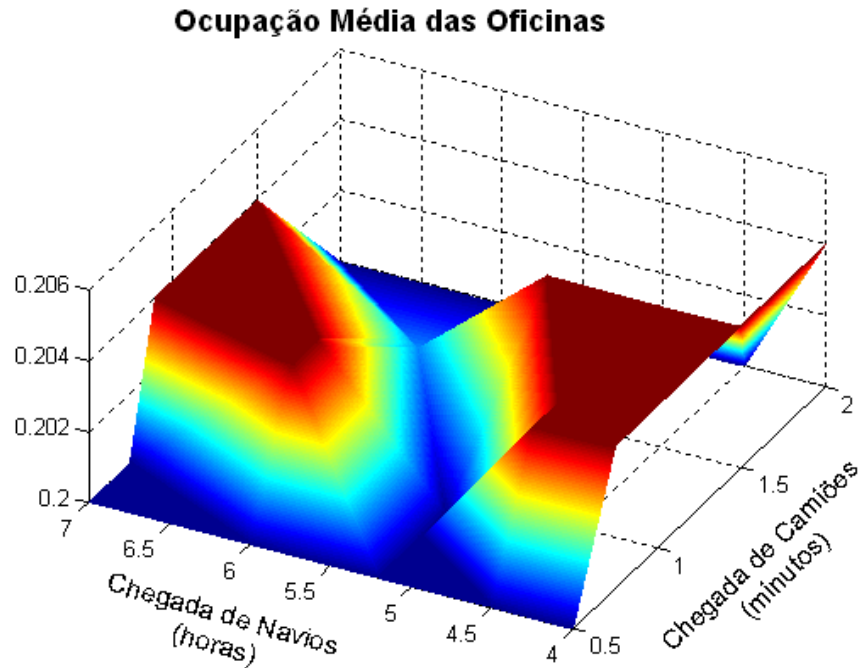


Figura 16 – Ocupação média das oficinas

Após uma análise rápida aos gráficos, há dois aspectos que saltam logo à vista: os valores máximos ocorrem sempre, com excepção das oficinas, com um intervalo entre chegadas de navios igual a quatro horas e os menores para intervalos de sete horas.

As oficinas apresentam uma ocupação um pouco diferente porque á partida já têm as suas tarefas agendadas, pois sabe-se que manutenções são efectuadas em intervalos de tempos aproximadamente constantes.

4. Conclusões

Pode-se, com este estudo, verificar a utilidade das técnicas de modelação e simulação na avaliação e na previsão dos parâmetros que possibilitam a obtenção do rendimento máximo do terminal. Com outras combinações das taxas de chegada dos navios e dos camiões é possível obter um desempenho maior no terminal.

Este modelo porém poderá e deverá ser melhorado pois tal como foi mencionado foram impostas algumas restrições que limitam a precisão dos resultados. Outros parâmetros podem ser variados, tais como variar o número de atrelados, aumento da zona do parque etc. que permitiram otimizar ainda mais o desempenho do terminal.

5. Reconhecimento

A aplicação do modelo a um caso real só foi possível devido á contribuição do porto de Leixões por todos os dados fornecidos, porém devido ás restrições impostas durante a modelação do sistema não reflecte toda a realidade do terminal.

Os autores estão agradecidos á Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL), nomeadamente á Dr.^a Amélia Castro que forneceu alguns dados importantes e que criou uma ponte com o Terminal de Contentores de Leixões (TCL) a empresa concessionária do terminal de contentores. Aqui agradece-se ao Dr. Vieira dos Santos, que foi incansável em fornecer os dados necessários e esclarecer as dúvidas que foram aparecendo.



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

6. Referências

Gambardella, L. M., Bontempi, G., Taillard, E., Romanego, D., Raso, G., Piermari, P. (1996), "Simulation and forecasting in intermodal terminals", Lugano: Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale., Proceedings of the 8th European Simulation Symposium, SCS International, Ghent, Belgium, pp. 626-630.

Liu, C., Jula, H., Ioannou, P.A., (2004), "Design, simulation and evaluation of automated container terminals", Transportation Research Part C, Volume 12, Issue 5, California, USA, pp. 349-368.

Silva, C., Guedes Soares, C., (2007), "Simulação da carga movimentada num terminal Intermodal", Artigo submetido a COPINAVAL: Congresso Ibero-Americano, São Paulo, Brasil, Outubro de 2007.