

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ESTACIONAMENTO DE CAMINHÕES DE CONTÊINERES EM PÁTIOS EXTERNOS DE ÁREAS PORTUÁRIAS

Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove

Programa de Engenharia de Transportes - COPPE/UFRJ

RESUMO

Este artigo procura contribuir nos estudos de estacionamentos externos de caminhões de contêineres em terminais portuários que tenham restrições de espaço para o recebimento destes caminhões. Serão levantadas as variáveis que podem influir na formação de filas de caminhões em vias públicas, ou seja, fora do espaço do estacionamento, no tempo médio de espera na fila e como elas podem ser eliminadas ou diminuídas com a adoção de estacionamentos externos. Além disso, faremos a apresentação de um estudo de caso que compara a adoção, ou não, de agendamento de chegadas de caminhões e as influências que esse critério tem sobre a movimentação e a permanência de caminhões nos estacionamentos.

ABSTRACT

This article seeks to contribute in studies of outside parking of trucks in container port terminals that have space restrictions to receive these trucks. Will be raised the variables that can influence the formation of queues of trucks on public roads, or out of parking space, the average waiting time in queue and how they can be eliminated or reduced with the adoption of outside parking. In addition, we will submit a case study that compares the adoption, or not, of scheduled arrivals of trucks and the influences that this criteria has on the movement and stay of trucks in parking lots.

1. INTRODUÇÃO

Conforme Novaes (2009), atualmente o transporte em contêineres constitui 90% da movimentação internacional de carga geral. No caso brasileiro, a situação não é diferente. Dados da Câmara Brasileira de Contêineres, conforme indicado na Tabela 1, mostram a movimentação de contêineres no Brasil nos últimos anos. No total da movimentação, observou-se um incremento médio de 4,8% ao ano, no período de 2005 a 2008, bastante expressivo quando se considera a evolução média do PIB de 3,9 % ao ano, no mesmo período. E, apesar da crise mundial do ano de 2009, esse valor tende a crescer nos próximos anos.

Tabela 1: Comparativo da Movimentação de Contêineres no Brasil

Portos	2005	2006	2007	2008
Santos	2.267.921	2.456.927	2.532.900	2.674.975
Itajaí	696.108	607.936	681.868	693.580
Paranaguá	461.844	487.724	595.261	604.690
Rio Grande	675.516	664.126	605.558	582.253
Rio de Janeiro	325.380	399.597	390.022	424.745
Manaus	77.806	79.559	175.934	340.973
Sepetiba	187.402	256.924	227.050	278.612
Total	5.962.292	6.290.253	6.498.432	6.861.160

Fonte: Câmara Brasileira de Contêineres

O contêiner é o símbolo e a materialização do transporte de longa distancia moderno. A movimentação de contêineres nos terminais brasileiros provoca o aumento do seu transporte entre as áreas exportadoras e importadoras até o terminal (Datz, 2004). No Brasil mais de 61% desse transporte é feito por via rodoviária, ou seja, através de caminhões.

1.1. Objetivo

O objetivo deste estudo é contribuir no levantamento das variáveis que podem influir na formação de filas de caminhões de contêineres em vias públicas e como elas podem ser

eliminadas ou diminuídas com a adoção de estacionamentos próprios. Muitos terminais portuários possuem restrições de espaço para o recebimento destes caminhões. A adoção ou não de agendamento de chegadas de caminhões será apresentada através de um estudo de caso que compara os impactos (gargalos, tamanho de filas, etc.) que esse critério tem sobre a movimentação e a permanência de caminhões nesses estacionamentos.

1.2. Justificativa

Em alguns dos principais portos brasileiros, entre eles os de Santos, Rio de Janeiro e Paranaguá, existem limitações de espaço para recebimento de caminhões que irão descarregar e/ou carregar contêineres nos terminais. Muitas vezes esses caminhões, ao chegarem à área portuária, ocupam vias públicas e prejudicam o fluxo normal de trânsito de veículos da região. Também, em decorrência de grandes filas de caminhões, os caminhoneiros levam muito tempo entre a sua chegada e a sua saída, o que provoca descontentamentos, elevação de custos e má qualidade de serviço. Pretende-se mostrar os efeitos que a criação de um estacionamento externo para esses caminhões e a adoção de agendamento de chegada de caminhões pode trazer tanto em termos de custos como em diminuição de filas e de tempos de espera.

2. CARACTERIZAÇÃO DE TERMINAL DE CONTÊINERES

Um terminal de contêineres tem como finalidade principal transferir o contêiner de uma modalidade de transporte (rodo ou ferroviário) em outro (aquaviário) e vice-versa, dependendo se a carga dentro do contêiner está sendo embarcada ou desembarcada de um dos modos. Segundo Datz (2004), as funções de um terminal basicamente são: receber a carga, conferir a documentação, posicionar os veículos com a carga a ser transferida, providenciar o veículo para o qual será realizada a transferência, executar a operação, preparar a documentação de entrega e ordenar o transporte até o destino.

Os principais tipos de contêineres movimentados em um terminal são:

- Carga Geral (dry sec) para cargas secas em geral;
- Plataforma (flat rack) para cargas de formas diversas;
- Tanque para transporte de carga líquida;
- Ventilado (dry granel) para cargas sensíveis em transporte de grandes distâncias;
- Teto aberto (open top) para carga a granel;
- Refrigerados (reefer) para cargas que precisam de refrigeração.

Os comprimentos dos contêineres são padronizados segundo a norma ISO, com valores de 20 pés ou 40 pés.

O terminal aquaviário movimenta contêineres cheios, para importação ou exportação, e também contêineres vazios. Os principais componentes de um terminal de contêineres são:

- a) Acesso para entrada e saída de caminhões, com balanças para pesar o contêiner que entra ou sai do terminal;
- b) Acesso para composições ferroviárias, se for o caso;
- c) Área para ovação ou desovação de contêineres, com conferência fiscal da carga;
- d) Pátios para estocagem de contêineres cheios, vazios, refrigerados, etc.;
- e) Área ao lado do berço para movimentação dos contêineres;
- f) Berço de atracação de navios.

No acesso para entrada dos caminhões com contêiner pode existir um estacionamento externo

ao terminal para a realização de operações preliminares antes da entrada do mesmo no terminal, tais como conferência da documentação e física do contêiner.

Segundo Fernandez (2001) uma característica importante em um terminal é a existência de uma quantidade limitada de veículos operando simultaneamente dentro do terminal. Caso esse limite seja atingido, os outros caminhões irão aguardar em filas fora do terminal até que possam entrar para realizar suas tarefas. Isso pode afetar muito a quantidade de caminhões que aguardam a entrada e estejam em um estacionamento externo. Principalmente se houver quebras de equipamentos que retiram/colocam contêineres de/em caminhões ou o espaço nos pátios de contêineres tenha atingido o seu limite.

A produção de um porto de contêineres (Cullinane, 2005) depende fundamentalmente da utilização eficiente de mão-de-obra, espaço físico e equipamentos. Por isso, o comprimento total do cais, a área do terminal, o número de guindastes de cais, o número de pórticos nos pátios são os elementos mais adequados para serem incorporados nos modelos como variáveis de entrada. Em função da indisponibilidade ou falta de confiabilidade dos dados, informações sobre os insumos são derivadas a partir de uma relação pré-determinada e correlacionada às instalações do terminal. É importante notar que qualquer relação pré-determinada, não é de aplicação geral a todos os tipos de portos com diferentes características de produção. Também é perigoso aplicar esta relação aos portos de contêineres em diferentes escalas de produção por causa de configurações diferentes de equipamentos e mão-de-obra empregada. Por outro lado, o fluxo de contêineres é inquestionavelmente o mais importante e mais amplamente aceito indicador de saída do terminal.

Uma maneira prática de melhorar a eficiência das operações do terminal de contêineres, segundo Lee (2009), é identificar e resolver uma série de problemas de otimização. Em geral, estes problemas de otimização incluem os seguintes problemas: alocação de berços, programação dos guindastes do cais, agendamento de caminhões de pátios, programação do guindaste do pátio e alocação de armazenamento. Neste artigo focaremos no problema de chegada de caminhões que irão abastecer os pátios de armazenamento de contêineres.

3. ESTACIONAMENTOS EXTERNOS PARA CHEGADA DE CAMINHÕES

Os estacionamentos externos (ou áreas externas) ao terminal portuário, aonde chegam os navios, tem despertado grande interesse ultimamente no setor. Isso se explica pelo aumento considerável da quantidade de contêineres que são exportados e importados e pela necessidade de um melhor atendimento ao caminhoneiro ou empresa transportadora do contêiner. Muitas vezes são estabelecidas muitas contratuais pela demora no início do atendimento e também pelo tempo total que o caminhão gasta desde a sua chegada até a sua liberação pelo terminal.

Os caminhões podem trazer todos os tipos de contêineres mencionados no item anterior, mas os mais comuns são o de carga seca e o refrigerado. Além disso, temos também caminhões que chegam vazios e que irão carregar contêineres que foram importados e devidamente liberados pelas autoridades alfandegárias.

Como veremos no próximo item, o terminal pode adotar também o conceito de agendamento de chegada de caminhão. Estes terão prioridade no atendimento sobre os caminhões não agendados.

Normalmente aproveita-se nesses estacionamentos a realização de procedimentos que antes eram feitos somente no momento da entrada do caminhão no terminal, ou seja, nos Gates. Esses procedimentos dizem respeito a uma verificação da documentação e uma verificação física do estado do contêiner que dará entrada no terminal.

Segundo Wanke [2009], os caminhões que chegam carregados em um terminal de contêineres têm um ciclo operacional com as seguintes etapas:

- Chegada propriamente dita no terminal;
- Espera pela retirada do contêiner no pátio;
- Descarregamento do contêiner pela empilhadeira;
- Alocação do contêiner no pátio;
- Carregamento do navio.

De forma análoga, os caminhões que vão buscar contêiner realizam o ciclo acima de ordem reversa. A interação entre os diferentes recursos (pátios, empilhadeiras, berços), os clientes dos serviços (navios, contêineres e caminhões) e as filas que se formam vão refletir o planejamento das operações portuárias. Esse planejamento pode ser focado no espaço necessário para acomodar as filas, nos investimentos em novos equipamentos ou em mecanismos de controle dos níveis de serviço oferecidos aos clientes.

A Teoria das Filas (TF) oferece ferramentas básicas para esse planejamento. Entre as relações fundamentais da TF destacamos: a taxa de utilização dos recursos, o tamanho médio de fila e o tempo médio de espera na fila.

A taxa de utilização ρ pode ser definida como sendo a proporção de tempo que um recurso está ocupado, ou seja, a razão entre a taxa de chegada de clientes λ por unidade de tempo e a taxa de atendimentos dos recursos μ por unidade de tempo. Sendo m a quantidade de recursos, teremos:

$$\rho = \lambda / (\mu \cdot m) \quad (1)$$

L_q é o tamanho médio de fila, ou seja, no nosso estudo, de caminhões para descarregar contêineres. E é estimado por:

$$L_q = \rho^2 / (1 - \rho) \quad (2)$$

Por último, o tempo médio de espera na fila até o atendimento (W_q) pode ser estimado por:

$$W_q = \rho^2 / ((1 - \rho) \cdot \lambda) \quad (3)$$

Ainda segundo Wanke [2009], a probabilidade (P_m) de o tamanho da fila ser maior que a capacidade de vagas no estacionamento (k) pode ser calculado segundo:

$$P_m = \rho^{k+1} \quad (4)$$

Podemos ver que o tamanho de fila cresce conforme aumentamos a taxa de utilização que desejamos dar ao estacionamento.

A quantidade média de caminhões (E) que ultrapassa a capacidade de vagas no estacionamento (k) pode ser dada por:

$$E = - \rho^{k+1} / (1 - \rho) \quad (5)$$

Esta equação indica que a capacidade do estacionamento fica cada vez mais insuficiente na medida em que a taxa de utilização da mesma aumenta. Mesmo que tenhamos um estacionamento com grande capacidade, se aumentarmos a taxa de utilização teremos mais caminhões esperando fora da área do estacionamento.

A partir dos anos 90 o setor portuário começou a utilizar modelos de simulação como ferramenta para medir os efeitos das mudanças operacionais que foram sendo introduzidas tanto com o avanço tecnológico dos equipamentos como em novos investimentos em recursos. Tem-se obtido resultados bastante satisfatórios a partir do uso da simulação no dimensionamento e planejamento das operações portuárias. Apresentaremos mais abaixo um estudo de caso onde a simulação foi utilizada como ferramenta de apoio à decisão no dimensionamento de um estacionamento de caminhões e nos recursos envolvidos.

4. ADOÇÃO DO CONCEITO DE AGENDAMENTO DE CHEGADA DE CAMINHÕES DE CONTÊINERES: ESTUDO DE CASO PARA AVALIAR SEU IMPACTO NAS FILAS E TEMPOS DE ESPERA

Uma das formas que se pode adotar para a diminuição da quantidade de caminhões nos estacionamentos externos é a adoção do conceito de agendamento da chegada dos mesmos. Ou seja, os caminhoneiros, ou as empresas transportadoras, dentro de suas possibilidades, podem agendar a chegada dos caminhões através de um site na internet disponibilizado pelo terminal portuário. O funcionamento do processo de agendamento é o seguinte:

- a) O caminhoneiro consulta as datas e horários disponíveis para a sua chegada, dentro das suas previsões de tempo de viagem e de hora aproximada de chegada nas redondezas do terminal;
- b) Escolhe a melhor faixa de horário de chegada e se programa para chegar dentro dessa faixa;
- c) Caso chegue dentro do horário agendado, este terá prioridade no atendimento, na passagem pelos Gates e no descarregamento de seu contêiner;
- d) Caso não chegue dentro do horário agendado, o caminhão será tratado como um caminhão que não fez agendamento, ou seja, obedecerá a uma fila para o seu atendimento.

O site na internet com as faixas horárias deve informar a quantidade de vagas que se encontram disponíveis para aquela faixa horária. Ela deve ser automaticamente atualizada conforme a escolha e as desistências dos caminhoneiros, ou seja, sempre que um caminhoneiro escolher uma vaga em uma determinada faixa horária esta deve ter o número de vagas diminuído em uma unidade. Da mesma forma, se houver uma mudança de faixa horária ou uma desistência, essas faixas devem ser atualizadas instantaneamente.

A adoção desse conceito na operação do terminal traz os seguintes benefícios:

- a) Para o caminhoneiro: se o mesmo chegar dentro da faixa horária, ele terá preferência no seu atendimento, ou seja, não ficará aguardando em uma fila geral. O seu tempo total de permanência dentro do terminal será o mínimo possível, pois não perderá tempo em filas de espera de atendimento, de descarregamento de contêiner, de passagem nos Gates, etc.
- b) Para o terminal portuário: uma melhor distribuição de chegada de caminhões diminui a fila na entrada do terminal e também a quantidade de caminhões dentro do estacionamento, elevando a satisfação do caminhoneiro. O terminal pode também

melhor planejar as atividades de descarregamento de caminhões e melhor alocar o espaço em seu pátio interno de contêineres.

- c) Para a área pública: havendo uma melhor distribuição de chegada de caminhões ao longo do dia, evitam-se filas de caminhões em vias públicas e também uma sobrecarga no trânsito local em determinados horários. Ao invés de as chegadas dos caminhões estarem concentrada em determinados horários (normalmente nas primeiras horas da manhã), ela pode ser em princípio distribuída ao longo do dia.

Caso o tempo menor de permanência do caminhoneiro nas instalações do terminal portuário não seja, por si só, um incentivo para que os mesmos adotem o agendamento de chegada, pode-se pensar em outros atrativos, tais como: premiação pela quantidade de agendamentos efetuados, prêmios por sorteios entre os agendados, etc.

A adoção desse conceito de agendamento foi estudada em uma empresa que opera com contêineres em um terminal no Porto de Santos. Passaremos a seguir a descrever como foi este estudo e os resultados obtidos.

4.1. ESTUDO DE CASO PARA AVALIAR SEU IMPACTO NAS FILAS E TEMPOS DE ESPERA

4.1.1. Objetivos do projeto

Desenvolver um modelo de simulação que possa analisar o fluxo de veículos, com contêineres destinados a exportação, pelo estacionamento externo proporcionando à empresa:

- Avaliar o impacto da nova política de agendamento de atendimento para os caminhões que chegam ao terminal;
- Realizar testes de cenários que demonstrem o comportamento do sistema sob diferentes níveis de demanda;
- Identificar possíveis gargalos ao longo do processo de atendimento dos caminhões;
- Avaliar a necessidade de novas áreas de estacionamento;

4.1.2. Escopo do projeto

O projeto consistiu na construção de um modelo computacional que representa, de uma maneira geral:

- A chegada de caminhões de diferentes tipos e com diversas frequências ao longo do dia; considerando a fila de chegada externa ao estacionamento (rua), a passagem por toda a área do estacionamento, o caminho entre o estacionamento e o Gate ou área externa, e o descarregamento dos contêineres;
- A espera por atendimento em um estacionamento com espaço delimitado por tipo de carga do caminhão;
- O perfil de processamento dos caminhões, ou seja, a taxa horária que os veículos levam para o descarregamento dos contêineres junto da equipe de retirada, respeitando-se as prioridades de atendimento dos tipos de carga que seguem a seguinte ordem: agendado (com destino as áreas interna e externa), refrigerado, não agendado e TRA (contêiner vazio) com destino a área interna;
- Os processos de: entrada no estacionamento, A-check (checagem administrativa), saída do mesmo, entrada no Gate, P-check (checagem física), pesagem e descarregamento ocorrem em diversos veículos simultaneamente à medida que estes passam pelo processo como um

todo. Assim, essas atividades serão executadas em paralelo na medida em que o modelo é executado.

- A saída dos veículos do sistema.

4.1.3. Dados gerais

A capacidade do estacionamento estudado é de 120 caminhões e uma regra FIFO, para cada tipo de veículo, foi estabelecida para saída dos veículos que entrarem no mesmo. A modelagem das filas foi realizada conforme prioridade do tipo de carga, sendo que as de maior prioridade ficarão mais próximas à entrada/saída do estacionamento. Cada fila terá apenas um tipo de carga, porém a determinação do tipo de carga para a fila não será fixa. Se uma determinada fila ficar vazia, o próximo veículo que entrar no estacionamento irá para esta fila caso esta seja a mais próxima da entrada/saída. Para que um determinado tipo de veículo (menor prioridade) não fique esperando muito tempo, foi definida uma regra, ou seja, um tempo máximo que o mesmo permanecerá no estacionamento, a partir do qual ele terá sua prioridade elevada.

Para fins de simplificação, foi considerado que os veículos têm sempre o mesmo comprimento (19m) e transportam, se for o caso, sempre um container de 40 pés. O veículo permanecerá em uma vaga no estacionamento até que o veículo da extremidade, primeiro na fila, saia do estacionamento. Neste momento todos os veículos avançam uma vaga. E após sua saída, o mesmo se dirigirá ao Gate de entrada do terminal.

Os processos realizados após a entrada no terminal não foram modelados. Para considerar o tempo que o caminhão fica na portaria (que irá restringir o consumo de caminhões do estacionamento) foram considerados os seguintes tempos:

- Início do atendimento do caminhão (horário que chegou à portaria e início do P-check e pesagem);
- Momento de confirmação do P-check (término da vistoria física);
- Momento de finalização da pesagem;
- Momento de impressão da identificação da carga;
- Momento em que o caminhão inicia sua saída do Gate.

4.1.4. Detalhamento das operações

4.1.4.1. Chegada dos caminhões

O processo tem início quando os caminhões chegam à cidade de Santos com o objetivo de descarregar suas cargas. Geralmente, este processo costumava ser fortemente caracterizado pela formação de filas na Avenida Engenheiro Mário Covas, já que os diferentes tipos de cargas possuem destinos distintos de acordo com o tipo de carga e devido ao fato de estarem agendadas ou não.

Por esta razão, a autoridade portuária de Santos cedeu à empresa uma área para instalação e operação de um estacionamento externo rotativo, cuja finalidade é recepcionar os caminhões, aguardando até que os mesmos possam ser despachados aos Gates conforme haja prioridade de recebimento dos mesmos, evitando assim a formação de filas.

4.1.4.2. Algoritmo que gera a chegada de caminhões no estacionamento

De forma geral, temos as seguintes regras:

- Todos os caminhões de exportação que chegam ao porto e tem como destinação final uma das áreas internas, passam necessariamente pelo estacionamento;
- Todos os que têm como destinação final alguma das áreas externas, vão diretamente para a área externa, sem passar pelo estacionamento (exceto no caso de ser caminhão agendado, pois neste caso passa obrigatoriamente pelo estacionamento);
- Todos os caminhões vazios que vierem buscar mercadorias importadas que foram desembarçadas nos recintos alfandegários locais (TRA) passarão obrigatoriamente pelo estacionamento antes de entrarem no Gate.

O fluxo de chegada de caminhões ao porto será decorrente de um algoritmo que representa de forma esquemática a demanda de caminhões necessários para o embarque de contêineres, baseado na geração de ‘serviços’ e no histórico de veículos que chegam à fila externa para receberem mercadorias importadas (TRA).

4.1.4.3. Destinos dos diferentes tipos de cargas

O estacionamento deve beneficiar todos os tipos de cargas que forem agendadas e que tiverem como destino a área interna do terminal e a área externa (nesse caso as cargas agendadas se dirigirão para o estacionamento e em seguida para área externa onde serão enviadas, então, para a área de embarque pelos caminhões do terminal).

4.1.4.4. Permanência no estacionamento

Os caminhões chegam ao estacionamento e, após identificação, deverão dirigir-se às respectivas filas, que estarão organizadas em fileiras. As fileiras podem variar de acordo com a quantidade de caminhões recebidos entre agendados e não agendados, contêineres refrigerados ou não, e TRA.

Os caminhões agendados possuem prioridade relativa de atendimento sobre os não agendados e serão atendidos por ordem de chegada.

O tipo de atendimento realizado nesta etapa é o A-check e consiste de uma vistoria na documentação necessária para a entrada e desembarque dos veículos no Gate. Terminado o atendimento dos caminhões agendados, os recursos alocados ao atendimento são direcionados para as fileiras de caminhões não agendados, mas voltarão à primeira condição se chegarem novos caminhões agendados dentro da janela de atendimento.

Ao terminar o A-check, o caminhão deverá aguardar até que exista espaço disponível junto ao Gate, ou no espaço na pequena fila junto ao mesmo, autorizando-se o caminhão a deixar o estacionamento e dirigir-se para o Gate, de tal forma que não ocorra mais a formação de uma longa fila na Avenida Engenheiro Mário Covas.

Os veículos agendados com destino a área externa se dirigirão à mesma de acordo com uma curva de tempos de chamadas.

4.1.4.5. Modelagem das filas no estacionamento

Existem quatro tipos de caminhões que chegam ao estacionamento, e estes serão classificados da seguinte forma:

- A: Agendado;
- B: Frigorificado;

C: Normal;
D: TRA

Como regra geral, a prioridade tanto na entrada no estacionamento quanto na saída deste é a seguinte: A tem prioridade sobre B, B sobre C e C sobre D.

4.1.4.6. Entrada no Gate

O caminhão deverá se dirigir ao Gate e aguardar na fila, que comporta até dois veículos. No Gate existem 6 entradas, porém só 2 estão disponíveis normalmente para a entrada de caminhões com destino a área interna. No entanto, o modelo possuirá 3 entradas adicionais que poderão ser habilitadas e ser usadas para receber os caminhões de exportação.

Após a entrada no Gate e a realização da pesagem e do P-check, os veículos esperam pela decisão de seus destinos e seguem para a seção de descarregamento, onde pode existir uma fila de até dois veículos e em alguns casos, espera pela decisão de alocação das cargas.

4.1.5. Parâmetros de entrada e relatórios gerados

4.1.5.1. Entradas do sistema (Figura 1)

A simulação desenvolvida tem como interface de entrada de dados uma planilha em Excel. Nesta planilha são registradas todas as informações parametrizáveis necessárias ao modelo. As seguintes informações foram disponibilizadas na planilha para a execução de simulações:

- Programação de chegada de veículos agendados e não agendados: permite a visualização de como o sistema se comportaria se todos os veículos fossem agendados, e também se forem alteradas as proporções entre agendados e não agendados;
- O modelo terá um fator de demanda (parâmetro) para permitir a geração de cenários com demandas maiores ou menores em relação ao histórico recente. Ou seja, para caráter de experimentação, pode-se inserir um coeficiente para cada tipo de serviço referente a um possível aumento ou diminuição da demanda. Isso poderá ser feito alterando-se a frequência de chegada dos serviços ou alterando-se o tamanho do serviço (quantidade de contêineres por navio).
- Proporção de filas disponíveis no estacionamento para cada tipo de caminhão: permite a visualização do desempenho do sistema mediante inúmeras possibilidades de dimensionamento das filas conforme o agendamento prévio feito pela internet e possíveis previsões de não agendados que entrarão no sistema para a realização do desembarque;
- Possibilidade de se configurar a vistoria física (P-check) para dentro do estacionamento ou no terminal de entrada, como ocorre atualmente;
- Possibilidade de se ativar mais dois portões de entrada com a realização do P-check e pesagem.

4.1.5.2. Saídas do sistema (Figura 2)

Os seguintes indicadores de desempenho foram criados no modelo:

- Tempo médio de atendimento por tipo de caminhão;
- Tamanho das filas formadas fora do estacionamento por tipo de caminhão;
- Medição da porcentagem de utilização e disponibilidade de ocupação do estacionamento;
- Indicadores de gargalos no processo de atendimento dos caminhões como um todo;
- Indicadores de taxas médias de atendimento por dia;
- Indicadores do número de caminhões atendidos;
- Sinalização de eventual formação de fila externa na rua;

- Grau de ocupação do estacionamento;
- Tempos de espera dos caminhões no estacionamento.



Figura 1: Exemplos de planilhas com parâmetros de entrada do modelo

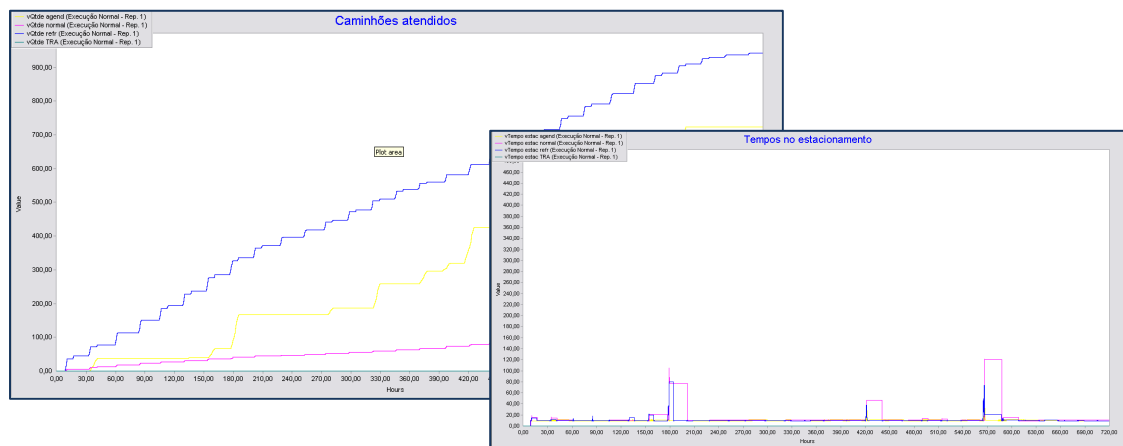


Figura 2: Exemplos de gráficos gerados pelo modelo

4.1.6. Funcionamento do modelo

O modelo funciona conforme a figura 3 abaixo, ou seja, em um arquivo Excel contendo planilhas informamos os valores dos parâmetros que serão lidos pelo modelo para simulação de determinado cenário. O modelo é executado e gera uma coleção de gráficos e valores que atendem aos indicadores indicados no item 4.1.5.2.

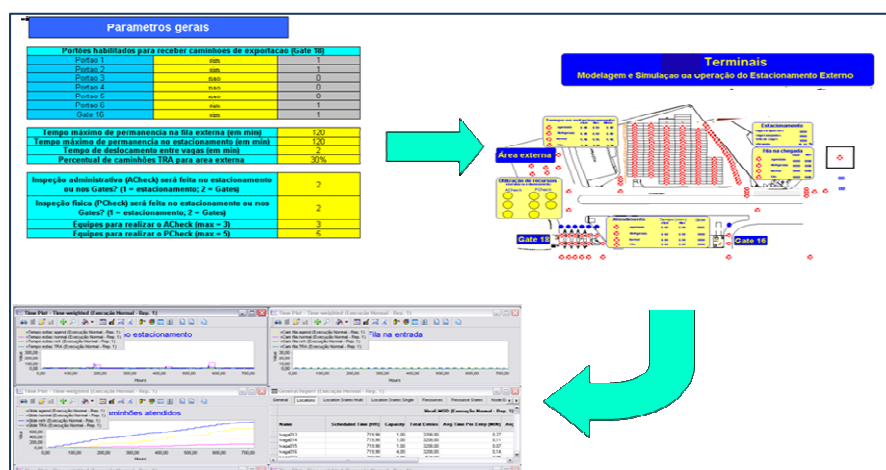


Figura 3: Esquema de funcionamento do modelo

4.1.7. Comparação de resultados obtidos

Foram realizadas várias experimentações com o modelo desenvolvido, mas mostraremos a seguir alguns resultados obtidos com o intuito de se comparar o tamanho de fila de caminhões na entrada do estacionamento e o tempo total de permanência do caminhão no estacionamento em três situações diferentes, que são:

- Sem a adoção do agendamento;
- Com 10% dos caminhões agendados;
- Com 20% dos caminhões agendados.

Os resultados obtidos, para as mesmas demais condições, foram (tabela 2):

Tabela 2: Resultados obtidos para efeito de comparação

Critério	Tamanho máximo de fila externa	Tempo médio dentro do estacionamento (min)
Sem agendamento	180	74
Com 10% de agendamento	124	62
Com 20% de agendamento	101	23

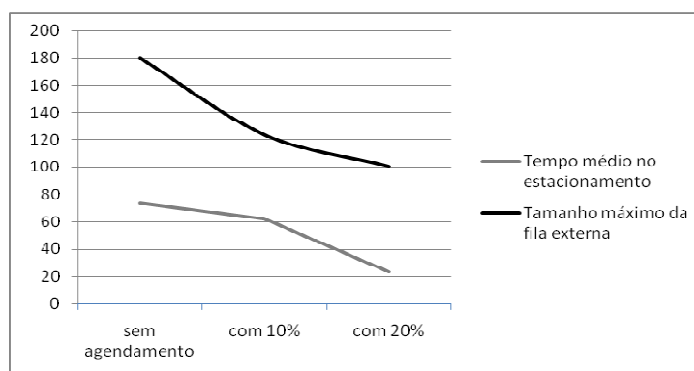


Figura 4: Resultados comparativos do efeito do agendamento

Pela tabela e gráficos (figura 4) acima podemos observar que a adoção do agendamento de chegada de caminhões diminui o tempo médio dos caminhões no estacionamento assim como o tamanho da fila externa na entrada do estacionamento. Isso demonstra que a adoção deste

critério pode trazer ganhos de eficiência ao terminal portuário, já que o tamanho de fila externa é um indicador de ineficiência. Um tempo médio menor dentro do estacionamento resulta em uma maior satisfação do caminhoneiro ou empresa de transporte já que poderá realizar mais viagens em um mesmo período.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas e referências bibliográficas apresentadas neste artigo mostraram que os estudos de adoção de estacionamento externos para caminhões, assim como a adoção do critério de agendamento como fator de prioridade de atendimento, têm sido discutidos em diversas frentes, seja em universidades como pelos próprios terminais.

Uma das propostas deste artigo foi modelar um estacionamento de caminhões em um terminal de contêineres no Porto de Santos. O detalhamento desta modelagem permitiu um melhor conhecimento dos problemas e dificuldades encontradas. Vimos também as vantagens que o agendamento provoca tanto para o terminal como para o caminhoneiro.

Podemos propor como trabalhos futuros:

- a) Estudo da influência do tamanho do estacionamento e dos demais recursos no tempo de permanência dos caminhões;
- b) Verificação do impacto desse critério (agendamento) nos custos do terminal como um todo e também para o caminhoneiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cullinane, K.; T-F. Wang, D-W. Song e P. Ji *The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis*. *Transportation Research Part A: Logistics and Transportation Review* 40, 354-374, 2006.
- Datz, D. (2004) *Contribuição ao estudo dos custos operacionais em terminais intermodais de contêineres*. Dissertação de mestrado no Programa de Engenharia de Transportes da COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Fernandes, M. G. (2001) *Modelo Econômico-Operacional para Análise e Dimensionamento de Terminais de Contêineres e Veículos*. Dissertação de mestrado no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Lee, D.-H.; J. X. Cao; Q. Shi and J. H. Chen *A Heuristic Algorithm for Yard Truck Scheduling and Storage Allocation Problems*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 45(5), 810-820, 2009.
- Novaes, A. G.; V. M. D. Silva e H. Rosa (2009) Utilização de Modelos de Filas e de Simulação no Planejamento de Terminais Marítimos de Contêineres. *Anais do XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Vitória.
- Wanke, P.; R. V. Silveira e F. G. Barros (2009) *Introdução ao Planejamento da Infraestrutura e Operações Portuárias: Aplicações de Pesquisa Operacional*. Coleção COPPEAD de Administração. Atlas, São Paulo.