

ANÁLISE OPERACIONAL DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA GERAL E UNITIZADA NO TERMINAL PORTUÁRIO DO PECÉM

José Expedito Brandão Filho

João Bosco Furtado Arruda

Universidade Federal do Ceará

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes

Núcleo de Pesquisas em Logística, Transportes e Desenvolvimento

RESUMO

Os terminais portuários vêm necessitando, cada vez mais, de facilidades que respondam de modo eficiente às demandas potenciais, em constante crescimento, através do fornecimento de serviços de qualidade, refletidos principalmente por curtos tempos de espera dos navios e por taxas razoáveis de ocupação dos berços. Altos valores desses dois parâmetros representam gargalos logísticos cruciais no processo de manutenção e conquista de clientes. Dessa forma, estudos de avaliação das operações portuárias, através da análise de equilíbrio entre oferta e demanda, fornecem informações essenciais de suporte à tomada de decisão, atuando na identificação da capacidade ótima da oferta que atenda às demandas potenciais da região de influência do porto. Neste sentido, os conceitos da Teoria das Filas vêm sendo amplamente utilizados em estudos de serviços portuários, fornecendo parâmetros essenciais para a avaliação da necessidade de implantação de novas infra-estruturas, de modo a melhorar a qualidade de atendimento à demanda. Diante deste contexto, com o objetivo de contribuir para o planejamento do sistema portuário do Estado do Ceará, o presente trabalho apresenta uma análise operacional do Píer 1, construído para dar suporte à movimentação de produtos do setor siderúrgico e carga geral no Terminal Portuário do Pecém – TPP, baseado nos conceitos da Teoria das Filas. As conclusões do trabalho demonstram a necessidade de construção no TPP de um píer exclusivo de cargas unitizadas, sem o qual haverá um estrangulamento na movimentação daquelas cargas no médio prazo.

ABSTRACT

It is necessary to keep ports prepared for potential growing demands, providing efficient facilities, supplying services with good quality. Quality is reflected mainly by short waiting-times and acceptable berth occupancies. High values of these parameters imply in logistics bottlenecks that are harmful for the port attractiveness. So, evaluation studies of port operations focusing demand and supply equilibrium may generate crucial information for decision-making and median and long run competitive port strategies. Such studies, along with other feasibility analysis, will lead to the establishment of an optimal supply to meet the potential demands of the port hinterland. Queue Theory has been frequently used to study port services performance, producing the parameters that will guide the design of new infrastructures. In order to contribute to the planning of the port system in Brazil, in particular in the State of the Ceará, this paper presents an operational analysis of the Pier 1 in Port of Pecém in the median and long run. The results of the present reported research shows the necessity of the construction of another pier specialized in unitized cargo before the implementation of a planned steel mill. Otherwise, unacceptable congestion and operational problems will emerge in Port of Pecém on those horizons.

1. INTRODUÇÃO

A implantação de infra-estruturas otimizadas é imprescindível para o desenvolvimento econômico de uma região. Principalmente nos países em desenvolvimento (PED's), os portos vem sendo projetados com o objetivo de se tornarem indutores do desenvolvimento socioeconômico, integrando de forma sistêmica o máximo de atividades econômicas em seu espaço e em sua área de influência, desempenhando vários papéis (NUPELTD, 2002). Um exemplo disso é a implantação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP, no Estado do Ceará, cujo terminal portuário serve como porta de escoamento de produtos do Estado e de regiões adjacentes.

No panorama de recursos limitados, surge nos PED's a necessidade de implementar soluções baseadas em parâmetros de análise precisos e consistentes, no sentido de se obter o

investimento de menor custo de oportunidade dentre os investimentos alternativos considerados. Esses parâmetros, por sua vez, são concebidos e aplicados em estudos de viabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental. Todavia, é notório que os estudos de viabilidade técnica fornecem os primeiros indícios para a análise de possibilidades de implantação de infra-estruturas.

Dessa forma, em se tratando de infra-estrutura portuária, os recursos necessários e o impacto de uma infra-estrutura na economia regional são de tal grandeza que decisões errôneas podem trazer consequências desastrosas e prejuízos incomensuráveis. No entanto, as decisões corretas e otimizadas no setor portuário proporcionam à sociedade serviços eficientes, diferenciando, assim, um porto no mercado competitivo por contribuir para a redução dos custos operacionais.

Diante deste contexto, o Governo do Estado do Ceará se esforça para angariar recursos necessários à construção de um píer de carga geral e unitizada no Terminal Portuário do Pecém - TPP. Com o objetivo de contribuir para esta tomada de decisão, ARRUDA et al (2003) apresentaram um estudo de viabilidade econômica da implantação deste píer. O presente trabalho, por sua vez, objetiva apresentar uma análise da viabilidade técnica da implantação da referida facilidade portuária, baseada nos conceitos de Teoria das Filas, avaliando a performance operacional do Porto através da contraposição da demanda prevista dos produtos que escoam pelo Porto do Pecém e das facilidades existentes no porto.

2. TEORIA DAS FILAS: ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS

2.1 Processo de Chegada de Clientes e de Atendimento

As filas de espera são uma necessidade sempre que o número de clientes é superior ao número de servidores. Dessa forma, alguns parâmetros que caracterizam as filas devem ser analisados, de modo a controlar constantemente os padrões de serviços oferecidos. Assim, a descrição de um sistema de filas é iniciada pela caracterização por dois processos: o processo de chegada de clientes e o processo de atendimento.

De acordo com os conceitos de teoria das filas, ambos os processos podem ser regidos por variáveis aleatórias. Sendo assim, o processo de chegada de clientes em uma fila, por exemplo, pode ocorrer em qualquer instante de tempo. Nesse fenômeno, destacam-se duas variáveis aleatórias, inter-relacionadas: a quantidade de clientes que chegam em um determinado intervalo de tempo e o intervalo de tempo entre as chegadas de dois clientes. Na modelagem do processo de chegada, considera-se que os eventos ocorrem de modo independente. As distribuições de probabilidade mais comumente aplicadas para explicar o comportamento das variáveis “Número de Clientes em um Intervalo de Tempo” e “Intervalo de Tempo entre Chegada de Clientes” são respectivamente as distribuições de Poisson e exponencial. Por outro lado, de acordo com WINSTON (1993), o tempo de atendimento pode ser regido por um conjunto de distribuições de Probabilidade chamado de Erlang k , onde k indica a forma da distribuição. Para valores de k igual a 1, a distribuição de Erlang se assemelha com a distribuição exponencial. Na medida em que se aumenta o valor de k , a distribuição vai tendendo para uma normal. Segundo UNCTAD (1985), vários estudos realizados detectaram que o tempo de atendimento de navios em terminais portuários segue uma distribuição Erlang 2.

As distribuições de probabilidade que explicam o comportamento das variáveis que caracterizam o sistema de filas são extensivamente aplicadas em técnicas de simulação computacional, baseadas no método Monte Carlo (WINSTON,1993; UNCTAD, 1985), que promovem uma visualização do processo operacional das filas, avaliando o nível de atendimento em confronto com a intensidade de chegada de clientes. No entanto, uma análise mais simples do sistema de filas, porém de grande aplicabilidade prática para a tomada de decisão, pode ser feita assumindo que as variáveis “Tempo de chegada” e “Tempo de atendimento” têm variância zero. Nesse caso, essas variáveis são consideradas determinísticas. Assim, os parâmetros de análise das filas com base no modelo determinístico são obtidos através das seguintes expressões: (HILLIER & LIEBERMAN, 1969):

$$L_q = \left(\frac{1 + \frac{k}{s^2}}{2k} \right) \times \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \frac{\lambda}{s})} \right) \quad (1)$$

$$t_e = \left(\frac{1 + \frac{k}{s^2}}{2k} \right) \times \left(\frac{\lambda}{\mu(\mu - \frac{\lambda}{s})} \right) \quad (2)$$

$$t_p = \frac{1}{\mu} \quad (3)$$

$$t_t = t_p + t_e \quad (4)$$

$$L = \lambda t_t \quad (5)$$

$$K = \frac{\lambda s}{\mu} \quad (6)$$

em que λ = taxa horária média de chegada de navios;
 μ = taxa horária média de navios atendidos;
 s = número de pontos de atendimentos no sistema;
 L_q = tamanho médio da fila (navios/hora);
 t_e = tempo médio de espera na fila;
 t_p = tempo médio de atendimento;
 t_t = tempo total de espera ($t_e + t_p$);
 L = número provável de usuários no sistema (navios/hora);
 K = taxa média de ocupação

2.2 Disciplina da Fila

Qualquer que seja a forma de especificação dos tempos de atendimento e de espera na fila, outro aspecto importante que permite a caracterização do sistema de filas é chamada de disciplina da fila (WINSTON,1993). Segundo esse último autor, há quatro tipos de disciplinas de filas, a saber:

- FCFS: “*First come, first served*”, ou seja, o atendimento aos clientes é feito por ordem de chegada. É o modelo de fila mais comum, podendo ser exemplificado pelas filas de banco ou filas de navios a espera de atendimento no terminal portuário.
- LCFS: “*Last come, first served*”, ou seja, o ultimo cliente a chegar na fila será o primeiro a ser atendido. Um exemplo típico desse tipo de fila é a saída de pessoas em um elevador. Considerando que um elevador permite que saia apenas uma pessoa de cada vez, o último indivíduo que entra será o primeiro sair.
- SIRO: “*Service in random order*”, ou seja, os clientes são atendidos de modo aleatório, sem nenhuma ordem de prioridade;
- GD: “*General Discipline*”, ou seja, indica uma disciplina de atendimento qualquer não padronizada como as demais.

2.3 Notação de Kendall

Além das variáveis de tempo de espera, tempo de atendimento e disciplina da fila, existe um outro conjunto de parâmetros que ajudam na caracterização do sistema de filas. KENDALL (1951), citado por WINSTON (1993), estabeleceu uma notação que envolve todas as características utilizadas para definir um sistema de filas. A notação é formada por números seis tipos de informações, em uma forma semelhante à da expressão (7):

$$1/2/3/4/5/6 \quad (7)$$

em que

- 1: representa a natureza do processo de chegada;
- 2: representa a natureza do processo de atendimento;
- 3: representa o número de pontos paralelos de atendimento;
- 4: representa a característica da fila que define a sua disciplina (FCFS, LCFS, SIRO, GD);
- 5: especifica o número máximo de clientes que podem estar dentro do sistema (inclui os clientes em espera e em atendimento);
- 6: especifica o tamanho da população de clientes

A natureza do processo de chegada e de atendimento podem ser representada pelas seguintes abreviações padrões WINSTON (1993):

- M: indica que os intervalos de tempo de chegada de clientes ou tempos de atendimento são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (iid), seguindo uma distribuição exponencial;
- D: indica que os intervalos de tempo de chegada de clientes ou tempos de atendimento são iid e determinísticos;
- E_k : indica que os intervalos de tempo de chegada de clientes ou tempos de atendimento seguem uma distribuição Erlang tipo k;
- GI: indica que os intervalos de tempo de chegada de clientes ou tempos de atendimento são governados por uma alguma outra distribuição.

3. ESTUDO DE CASO: TERMINAL PORTUÁRIO DO PECÉM

3.1 Caracterização do Porto

3.1.1 Instalações físicas

O terminal portuário do Pecém é do tipo *off-shore* em águas profundas, com um quebra-mar do tipo berma, na forma de “L” e comprimento total de 1.760m. Sua finalidade é criar uma baía artificial de águas tranquilas, onde se situam os berços de atracação nos piers 1 e 2. A escolha deste tipo de porto se deve ao fato de não apresentar dificuldades às embarcações, não havendo a necessidade de constantes dragagens, pois não existem canais de acesso, o que contribui para diminuir os seus custos de operação e manutenção. Protegidos pelo quebra-mar, encontram-se atualmente dois píers de atracação de navios, com dois berços cada. Estes píers são ligados às instalações terrestres através de uma ponte, com 7,20m de largura da faixa de rolamento, 1,20m de largura para passeio de pedestre, comprimento de 1.789m até o Pier 1 e 2.142m até o Pier 2, suporte para tubulação, suporte para correia transportadora até o Pier 1 e tensão máxima admissível de 1 tf/m. O Pier 1 foi projetado para operar granéis sólidos e carga geral, com prioridade para produtos siderúrgicos. Trata-se de uma estrutura de concreto protendido, com 362 m de comprimento, 45m de largura, carga máxima admissível de 1 tf/m². A profundidade junto aos berços é em torno de 15m e a profundidade de acesso varia de 15,5m a 18m. É também provida de um sistema de combate a incêndio. O Pier 2 foi projetado para operar granéis líquidos e gases liquefeitos, devendo atender prioritariamente a produtos derivados de petróleo, cuja operação é de uso exclusivo da Petrobras. Apresenta um comprimento de 414m, uma plataforma de atracação de 45m x 32m, 4 dolphins de amarração, 8 dolphins de atracação e uma ponte de acesso à plataforma. Possui uma profundidade de 17m junto aos berços. É também provida de um sistema de combate a incêndio. Além destes dois píers, foi construído um píer de rebocadores, junto ao píer 2, com o objetivo de auxiliar os navios nas manobras de atracação, tanto do píer 1 quanto do píer 2. O terminal também conta com instalações de armazenagem de carga solta e unitizada, compostas de dois armazéns, um com 10.000 m² de capacidade de 90.000m³ e outro com 6.250 m² e capacidade de 55.000 m³, e 1 um pátio de estocagem de 38 ha.

3.1.2 Equipamentos operacionais

Com relação aos equipamentos de movimentação de cargas, foram adquiridos equipamentos especializados de acordo com as cargas a serem escoadas pelo terminal. O píer 1 conta com um guindaste para múltiplo uso, utilizado nas operações de movimentação de carga solta e *containers*, com capacidade de movimentação de 15 ciclos/hora nas operações de *containers* e de 20 ciclos/hora nas operações de carga solta. Possui uma capacidade de içar carga variando de 45 t, para um comprimento de lança máximo de 52 m. Também está disponível um descarregador de navio, dimensionado para operar com uma vazão de 1.250 t/h de minério, com capacidade máxima de 32t, cujo movimento vertical varia de 17,9m (abaixo do nível do trilho) até 24,5m (acima do mesmo nível). Pode operar com navios de até 34m de boca. Esse equipamento também pode ser utilizado para movimentar outros tipos de granéis sólidos. Para complementar o serviço deste equipamento, será instalado no berço 1 uma esteira transportadora de correia dupla, de 42” de largura, com capacidade semelhante a do descarregador de navio, ou seja, 1.250 t/h. No Pier 2 serão instalados sete braços de carga, sendo quatro no berço interno e três no berço externo. Estes serão utilizados exclusivamente pela Petrobras nas operações de recebimento de óleo diesel, querosene, gasolina, álcool, óleo

combustível e GLP. Para a transferências destas cargas até os tanques da Petrobras, serão instaladas um sistema de tubulações de 26” de diâmetro para óleo diesel e querosene, e outro de 20” de diâmetro para gasolina e álcool.

3.1.3 O Píer 3 (previsto)

A instalação do Píer 3 está prevista utilizando o quebra-mar (também com expansão prevista) do Porto do Pecém, mostrado a Figura 1, cuja decisão constitui uma iniciativa de aproveitamento da infra-estrutura construída. Desta forma, os custos com a construção deste Píer se divide em custos com expansão do quebra-mar, custos com a construção do próprio Píer e custos com adequação institucional. O Píer 3 deverá ser especializado em carga unitizada, tendo em vista a tendência cada vez maior de utilização deste tipo de carga no mundo.



Figura 1: Visão Panorâmica do Píer 1 (à direita) e do Píer 2 em operação no TPP.

Fonte: NUPELTD, 2002

É possível que, em um horizonte de longo prazo, seja necessária a construção de uma maior infra-estrutura portuária do que a proposta neste trabalho, como a construção de uma nova ponte ou expansão do TPP, mantendo sua competitividade regional. Além disso, poderá ocorrer que inovações no processo de unitização de cargas tornem alguns dos berços do Terminal Portuário do Pecém obsoletos. De qualquer maneira, é primordial que os gestores portuários tenham a perspicácia de prever com antecedência suficiente as infra-estruturas necessárias para manter o porto com serviços competitivos, visando sempre a reduzir os custos de transportes, fatores relevantes que ora constituem o denominado custo-Brasil.

3.2 Volumes Previstos e Capacidade dos Equipamentos

Os volumes de cada tipo de carga manuseada no Porto do Pecém (containerizada e geral) no ano de 2003 estão mostrados na Tabela 1. Na elaboração deste trabalho, estavam disponíveis apenas as informações do primeiro semestre de 2004. As cargas containerizadas são constituídas por volumes de frutas e derivados, castanha de caju, camarão, produtos têxteis, calçados, arroz, trigo, produtos químicos, dentre outros. Já as cargas gerais são constituídas pelos seguintes produtos: produtos siderúrgicos, granito e mármore, tambores de freio, máquinas e equipamentos em geral (CEARÁPORTOS, 2003 e 2004).

Tabela 1: Volumes escoados pelo Porto do Pecém em 2003

Containers	67.155 TEU's
Carga Geral	312.371 t

Para a elaboração do cenário considerado neste estudo, foram consideradas previsões anuais, até o ano de 2020, da seguinte maneira:

a) Para o ano de 2004:

- Foram considerados os volumes exatos de escoamento de produtos até o mês de junho;
- Estimou-se o volume total de 2004 multiplicando-se o volume do primeiro semestre por um fator percentual calculado através da razão entre volume total de 2003 e o volume do primeiro semestre daquele ano.

b) Para os horizontes de 2005 a 2007:

- A taxa de crescimento anual considerada foi a mesma entre os anos 2003 e 2004, apresentada na Tabela 2.

c) Para os horizontes de 2008 a 2020:

- Foram consideradas as taxas de crescimento definidas pela CEARÁPORTOS, contidas em NUPELTD (2002), apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Taxas de Crescimento Anual para Horizontes de 2005 a 2020

Horizontes	Taxa de Crescimento Anual
2005-2007	17,00%
2008-2015	5,40%
2016-2020	7,30%

Fonte: NUPELTD (2002)

Com base no volume inicial de 2003 e com as taxas de crescimento consideradas, são mostrados na Tabela 3 os volumes previstos de cargas containerizadas e gerais do ano de 2004 e do início e fim dos horizontes 2005-2007, 2008-2015 e 2016-2020.

Tabela 3: Volumes previstos de 2004 a 2020

PRODUTOS	ANOS DE PREVISÃO						
	2004	2005	2007	2008	2015	2016	2020
Container (TEU'S)	78.571	91.928	125.841	132.636	191.667	205.658	272.612
Carga Geral (t)	365.474	427.605	585.348	616.957	891.536	956.618	1.268.054

3.3 Definição dos Cenários

A análise operacional dos serviços do TPP foi realizada considerando-se dois cenários futuros: cenário 01, que prevê a implantação da siderúrgica em 2009; e cenário 02, que não prevê a não implantação da siderúrgica. Com a implantação da siderúrgica, a movimentação de carga geral e unitizada do porto contaria com os dois berços do Píer 1 até o ano de 2009. A partir do ano de 2010 - ano estimado de início de operação da siderúrgica no CIPP, será disponibilizado apenas um berço do píer, visto que o outro será de exclusividade da siderúrgica. Sem a implantação da siderúrgica, os dois berços estariam disponíveis até o ano

de 2020. Para os dois cenários, será considerado como equipamento de manuseio de cargas apenas o guindaste para uso múltiplo, visto que a descarregadora adquirida pela CEARÁPORTOS será utilizada somente para as cargas relacionadas à siderúrgica a ser instalada.

No período de uso dos dois berços, quando o guindaste estiver ocupado ou em manutenção, serão utilizados os equipamentos das operadoras do Porto do Pecém ou dos próprios navios atracados. Outra hipótese simplificadora assumida é que a capacidade média dos equipamentos dos navios atracados é a mesma do equipamento disponível pela CEARÁPORTOS. No horizonte de estudo considerado, não foram consideradas aquisições de outros equipamentos especiais nem pelo porto nem pelas operadoras, como correia transportadora ou *transteiners*. Por fim, também não foram consideradas as operações dos equipamentos *on-shore* e de transporte para o cais do porto, somente as operações de carregamento e descarregamento dos navios.

4. ANÁLISE DE FILAS NO TPP

4.1 Elementos da Teoria das Filas

Na análise da teoria das filas do TPP, o número de navios que chega em um determinado tempo é considerado com sendo uma variável determinística, assim como o tempo de atendimento. Com relação ao número de postos de atendimento, o cenário 01 conta com dois postos (berços) até o ano 2009 e um posto do ano 2010 a 2020, enquanto que o cenário 02 conta com 02 postos de atendimento até o ano horizonte. A disciplina da fila do porto é do tipo FCFS. O número de navios que chegam no sistema em busca de atendimento foi calculado com base nos volumes previstos, apresentados na Tabela 3, e nas capacidades média operacionais, apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Médias das capacidades de um navio

Cargas	Capacidade Média	
<i>Containers</i>	320	TEU's/navio
Bobinas	5000	t/navio
Milho	15000	t/navio
Fertilizante	10000	t/navio

Fonte: NUPELTD, 2002

4.2 Cálculo das Taxas de Chegada dos Navios

As taxas de chegadas dos navios, calculadas com base nos dados das Tabelas 4 e 5, estão mostradas na Tabela 5.

Tabela 5: Taxas Horárias de Chegada dos Navios

PRODUTOS	ANOS DE PREVISÃO						
	2004	2005	2007	2008	2015	2016	2020
Container (TEU's)	0,0280	0,0328	0,0449	0,0473	0,0684	0,0734	0,0973
Carga Geral (t)	0,0083	0,0098	0,0134	0,0141	0,0204	0,0218	0,0290
Média	0,0364	0,0426	0,0583	0,0614	0,0887	0,0952	0,1262

4.3 Cálculo das Taxas de Atendimento dos Navios

Com relação à taxa horária de atendimento de navios atendidos por cada berço, foi considerada como equipamentos operacionais apenas os guindastes de uso múltiplo da CEARAPORTOS e das operadoras. Nos cálculos, assumiu-se que: a) Como já explicitado anteriormente, as capacidades destes equipamentos são iguais – 15 ciclos/hora para *containers*, 20 ciclos/hora para carga geral e capacidade máxima de içar de 45t; b) Para as cargas gerais, os guindastes eram operadores com capacidade máxima; c) Não há diferenças de tempo de atendimento em navios de exportação e importação; d) O tempo de atendimento pode ser adequadamente representado como uma média ponderada das taxas horárias de atendimento de navios-*containers* e de carga geral, tendo como pesos o número de operações anuais realizadas por cada tipo de carga. Os resultados do cálculo das taxas médias horárias de atendimento dos navios estão mostrados na Tabela 6.

Tabela 6: Taxas Horárias de Atendimento dos Navios

PRODUTOS	ANOS DE PREVISÃO						
	2004	2005	2007	2008	2015	2016	2020
Container (TEU's)	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469
Carga Geral (t)	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800
Média Ponderada	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0595	0,0604

4.4 Cálculo dos Parâmetros de Fila

Os parâmetros de análise de fila, estimados a partir das expressões (1) a (6), estão mostrados na Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros estimados de Fila (com a implantação da siderúrgica)

Parâmetros	ANOS DE PREVISÃO								
	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2015	2016	2020
λ	0,0364	0,0426	0,0583	0,0614	0,0647	0,0682	0,0887	0,0952	0,1262
μ	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0593	0,0595	0,0604
Cenário 01: Implantação da siderurgia									
s	2	2	2	2	2	1	1	1	1
K	30,6%	35,9%	49,1%	51,7%	54,5%	114,9%	149,5%	159,9%	209,0%
L_q	0	0	1	1	1	-7	-3	-3	-3
T_e	6	7	12	14	15	-97	-38	-34	-24
T_p	17	17	17	17	17	17	17	17	17
T_t	22	24	29	30	32	-80	-21	-17	-7
L	1	1	2	2	2	-5	-2	-2	-1
Cenário 02: Não implantação da siderurgia									
s	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K	30,6%	35,9%	49,1%	51,7%	54,5%	57,47%	74,75%	79,94%	104,48%
L_q	0	0	1	1	1	1	3	5	-37
T_e	6	7	12	14	15	17	37	50	-289
T_p	17	17	17	17	17	17	17	17	17
T_t	22	24	29	30	32	34	54	67	-273
L	1	1	2	2	2	2	5	6	-34

A Figura 2, a seguir, apresenta graficamente a evolução, ao longo dos anos, das taxas de ocupação dos berços que atendem aos navios de carga unitizada e carga geral, considerando ocorrência do cenário 01. Observa-se visivelmente uma descontinuidade entre os anos 2009 e 2010, explicado pelo fato de que, a partir de 2010, o porto operará com um berço exclusivo para a siderurgia. Com esta descontinuidade, o porto passa a ter sua capacidade estrangulada, com uma taxa de ocupação de 114,94%. Este comportamento também é explicado pelos números negativos apresentados pela Tabela 7, o que significa que $\lambda/s > \mu$. Portanto, fica visível a inviabilidade de expansão dos serviços prestados pelo porto, no que tange às cargas unitizadas, com a implantação da siderúrgica, se não houver a construção de outro píer especialização na movimentação daquelas cargas.

Observa-se que, apesar da taxa de ocupação de 54,5% no ano de 2009 estar ainda relativamente próxima da taxa de 50% - considerada por consultores portuários como ideal, os tempos totais de permanência de navios no porto ultrapassam 30 horas neste mesmo ano. Sabe-se que os prejuízos decorrentes da permanência excessiva de um navio num porto são consideráveis (podendo ultrapassar o montante de US\$ 50,000.00 por dia), o que prejudica sobremaneira a sua competitividade e um porto que obrigue o navio a esperar por muito tempo.

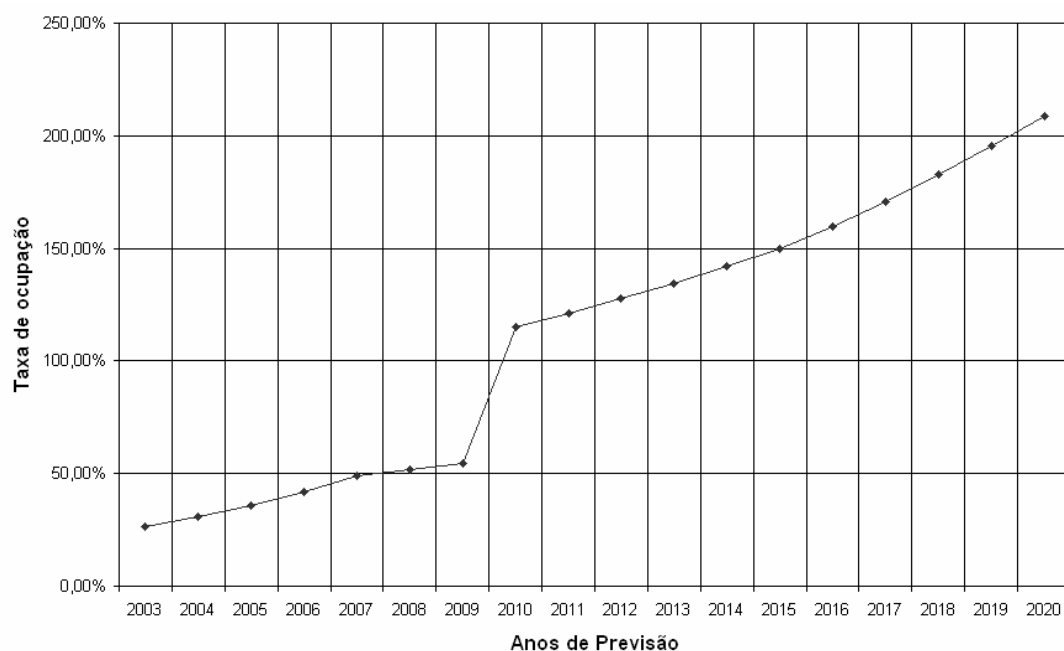


Figura 2: Evolução Anual da Taxa Média de Ocupação – Cenário 01

Para enfatizar esta questão, a Figura 3 mostra que, sem a instalação da siderúrgica (cenário 02), o porto terá sua capacidade estrangulada aparentemente no ano 2019, quando se aproxima da taxa de ocupação de 100%. No entanto, o porto se torna estrangulado bem antes disso, como mostra a Figura 4, na qual são mostrados os tempos totais de atendimento – sem a implantação da siderúrgica - cujos valores mostram a inviabilidade do uso dos serviços portuários. No ano de 2012, o tempo total de atendimento é de aproximadamente 40 horas e, no ano de 2017, o tempo ultrapassa 90 horas (teoricamente, pois neste período o porto já terá perdido grande parte dos volumes previstos a serem escoados por ele). Ou seja, mesmo

considerando um cenário mais pessimista, o TPP enfrentará sérias dificuldades operacionais a médio prazo.

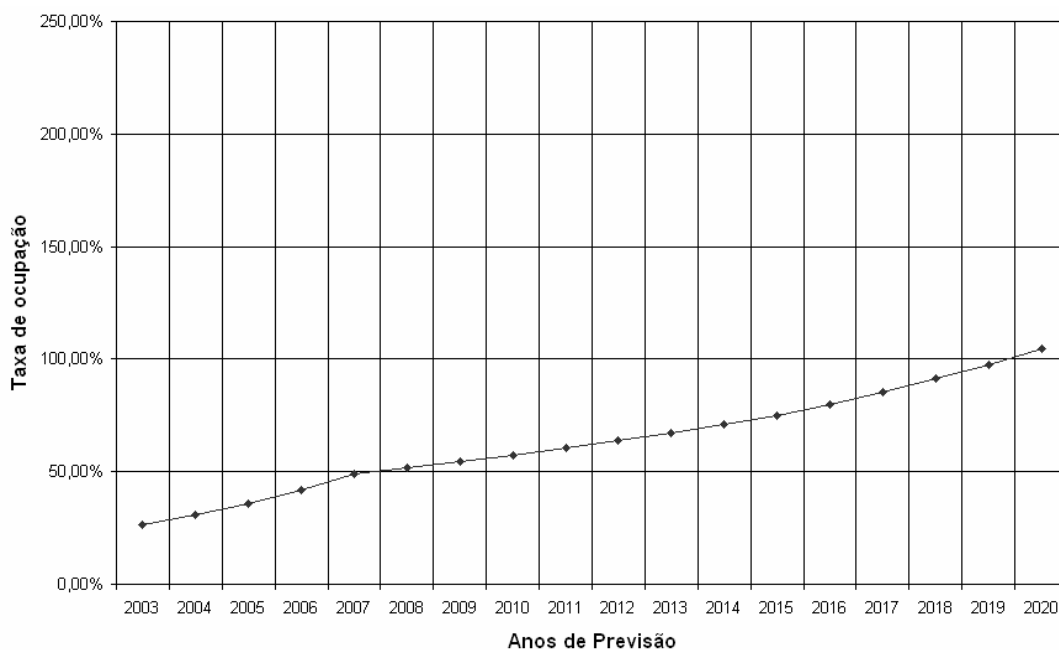


Figura 3: Evolução da Taxa Média de Ocupação – Cenário 02

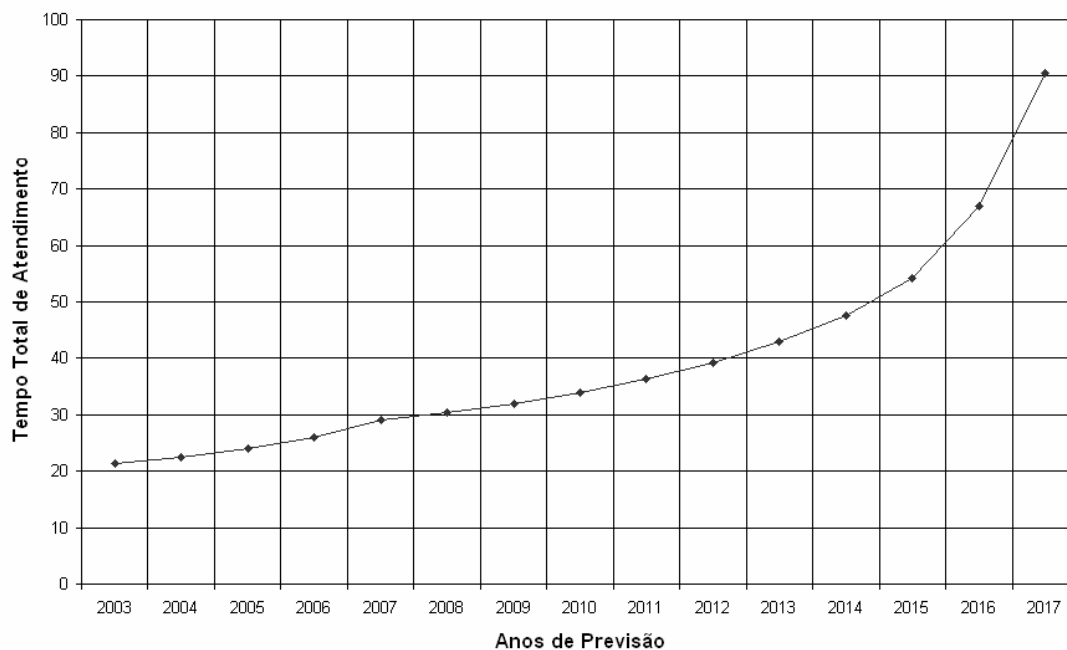


Figura 4: Evolução do Tempo Total de Atendimento – Cenário 02

5. CONCLUSÕES

É inegável que o Terminal Portuário do Pecém tem exercido um papel importante no cenário regional, servindo eficiente e eficazmente aos seus clientes pela alta produtividade de suas

operações e conseqüentes menores custos unitários de movimentação quando comparados a outros portos nacionais.

No entanto, o presente estudo reforça as conclusões obtidas em estudos de viabilidade econômica destacados em ARRUDA et al (2003) e NUPELTD (2002), no que tange à necessidade de construção do Píer 3 no Terminal Portuário do Pecém, principalmente em vista do projeto de implantação de uma siderúrgica no CIPP. Este Píer terá o papel de evitar o estrangulamento das operações do Porto no médio prazo e de atender ao transbordo de cargas unitizadas, facilitando a distribuição de cabotagem para outros portos do Mundo, em especial do Mercosul.

É importante salientar que os volumes previstos de escoamento pelo porto possuem uma projeção pessimista a partir do ano de 2008, cujos valores estão mostrados na Tabela 2. O mesmo se dá para os valores de carga média por navio, mostrados na Tabela 4, pois se acredita que os navios evoluirão em capacidade de carga ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, J.B.F.; SANTOS, C.M. e NOBRE JR, E.F. (2003) Avaliação Econômica de Cenários para Implantação do Píer de Carga Geral Unitizada no Terminal Portuário de Uso Misto do Pecém. Comunicação Técnica. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Novembro. Rio de Janeiro.
- CEARÁPORTOS (2003) Estatísticas do Porto do Pecém – Exercício de 2003. CEARÁPORTOS, Governo do Estado do Ceará. Disponível em <http://www.cearaportos.ce.gov.br/estatisticas.asp>, acesso em 08/07/2004.
- CEARÁPORTOS (2004) Estatísticas do Porto do Pecém – Maio de 2004. CEARÁPORTOS, Governo do Estado do Ceará. Disponível em <http://www.cearaportos.ce.gov.br/estatisticas.asp>, acesso em 08/07/2004.
- KENDALL (1951) *Some Problems in the Theory of Queues*. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 13: 151-155.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. (1969) Operations Research. 2a. ed. Holden-Day Inc. San Francisco. USA.
- NUPELTD (2002) Estudo para Desenvolvimento do Sistema de Gestão Portuária da CEARÁPORTOS e Elaboração dos Procedimentos para Licitação e Contratação de Prestador de Serviço Operacional do Terminal Portuário do Pecém. Núcleo de Pesquisas em Logística, Transportes e Desenvolvimento, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.
- PRADO, D. (1999) *Teoria das Filas e da Simulação*. Série Pesquisa Operacional. Editora DG. Belo Horizonte.
- UNCTAD (1985) Port Development – A Handbook for Planners in Developing Countries (2ªed.). United Nations Conference on Trade and Development. United Nations. New York.
- WINSTON, W. L. (1993) Operations Research. (3ª ed.). Ed. Duxbury. London.

José Expedito Brandão Filho (ebrandao@det.ufc.br)

João Bosco Furtado Arruda (barruda@nupeltd.ufc.br)

Núcleo de Pesquisas em Logística, Transportes e Desenvolvimento. Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici, bloco, 703 – Fortaleza, Ce, Brasil.