

# PROPOSTA PARA O BALANCEAMENTO DAS OPERAÇÕES DE CARREGAMENTO DE UM TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEL ATRAVÉS DE INDICADORES DE CAPACIDADE E DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

**Fellipe Facanha Adriano (UFC)**  
fellipecta@hotmail.com

**MAXWEEL VERAS RODRIGUES (UFC)**  
maxweelveras@gmail.com

**Glenia Rodrigues Pinheiro (UFC)**  
glenia.pinheiro@gmail.com

**Livia Rodrigues Barreto (UFC)**  
liviarodriguesbarreto@gmail.com

**Cristiane de Mesquita Tabosa (UFC)**  
cristiane\_dmt@yahoo.com.br



*O balanceamento das operações produtivas de uma empresa pode ser feita através de indicadores, dependendo do grau de complexidade envolvida. No entanto, o auxílio de softwares computacionais especializados em simulação de eventos discretos é uma ferramenta indispensável para os casos onde exista uma riqueza maior de detalhes, como também para oferecer uma maior consistência nos resultados desejados. O presente estudo tem como objetivo demonstrar como um modelo computacional pode contribuir para o balanceamento das operações de carregamento de um terminal de distribuição de combustível. Sendo para tal, realizada a análise da situação atual da empresa, no que diz respeito à utilização de sua capacidade, bem como a apresentação de uma proposta de melhoria. Dentre os principais resultados obtidos, destacam-se o aumento na eficiência de uma instalação e a redução de um turno de trabalho em outra área da empresa.*

*Palavras-chaves: Balanceamento de capacidade, simulação de sistemas, indicadores de eficiência*

## 1. Introdução

Com o atual cenário marcado pela competitividade, as organizações, visando obter melhores resultados, se utilizam do processo de fusão entre grandes empresas. Dentro desse processo, são feitas análises de pontos que podem ser críticos durante a integração. Em situações assim, o planejamento estratégico é empregado amplamente pelas organizações a fim de expressar seus objetivos e metas, bem como propor meios para que possam ser alcançados.

Geralmente, esse planejamento abrange as esferas mais altas, ou seja, aquelas que envolvem a gestão do novo grupo e estratégias de mercado que serão adotadas. A operação, por sua vez, fica em segundo plano, podendo enfrentar problemas, pois fatos como a duplicidade de instalações fabris ou de centros de distribuição podem ocasionar dificuldades em analisar quais medidas tomar para trazer os resultados desejados.

Através de estudos específicos, pode-se perceber mudanças em um sistema real, observando o comportamento em um modelo simulado. A simulação computacional auxilia os gestores em mudanças dentro de suas empresas, pois é um método para projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este visando entender o seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. (PEDGEN,1991 *apud* FREITAS FILHO, 2008).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é demonstrar como um modelo de simulação computacional pode contribuir para o balanceamento das operações de carregamento de um terminal distribuidor de combustíveis, alocando seus clientes nas áreas de carregamento de forma a utilizar melhor os recursos.

## 2. Fundamentação teórica

Para a compreensão da metodologia proposta, faz-se necessário o entendimento dos conceitos relativos à simulação de sistemas, indicadores e softwares de simulação.

### 2.1. Simulação de Sistemas

Close e Frederick (1995), consideram sistema um qualquer agrupamento de elementos interativos que possuem relação de causa e efeito entre variáveis. No entanto, a definição de Ljung (1999) se enquadra melhor nos objetivos do trabalho. Esse autor define um sistema como um objeto no qual, variáveis de diferentes tipos, interagem entre si e produzem sinais possíveis de ser observados.

Em decorrência do tipo de variável estudada, pode-se classificar um sistema como contínuo ou discreto. Law (2007) afirma que um sistema contínuo é aquele em que o estado das variáveis muda continuamente com o passar do tempo. Já o do tipo discreto, é marcado pela mudança de estado das variáveis instantaneamente em intervalos de tempo separados e pontuais.

A definição de modelo também é essencial para a compreensão do presente estudo. Para Ljung (1999), um modelo é uma representação de um sistema onde é possível se observar como as variáveis de um sistema interagem entre si. Segundo Law (2007), os modelos de simulação matemáticos podem ser classificados em: estáticos ou dinâmicos, determinísticos

ou estocásticos e contínuos ou discretos. Esse último modelo melhor define o tipo de evento objeto de estudo do trabalho.

Ressalta-se que no decorrer do presente estudo, quando for citado o termo “simulação”, entenda-se por “simulação computacional através de simuladores”, já que essa atividade se dará através do *software* Arena<sup>®</sup>.

## 2.2. Balanceamento de operações

### 2.2.1. Capacidade de Produção

Slack *et al* (2002) definem a capacidade de produção como o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo que o processo pode realizar sob condições normais de operação. De forma convergente, Peinado e Graelm (2007) conceituam a capacidade de produção de forma mais genérica como a capacidade máxima de produção a que se pode submeter uma unidade produtiva em um determinado intervalo de tempo fixo, podendo ser dividida em: capacidade instalada, capacidade disponível ou de projeto, capacidade efetiva ou carga e capacidade realizada.

### 2.2.2. Indicadores de capacidade

Para observar o nível de capacidade e poder tomar decisões nesse sentido, Peinado e Graelm (2007) sugerem a utilização de três índices:

Grau de disponibilidade: indica quanto uma unidade produtiva está disponível.

$$\text{Grau de disponibilidade} = \frac{\text{capacidade disponível}}{\text{capacidade instalada}} \quad (1)$$

Grau de utilização: representação percentual de quanto uma unidade produtiva está utilizando sua capacidade disponível.

$$\text{Grau de utilização} = \frac{\text{Capacidade Efetiva}}{\text{Capacidade disponível}} \quad (2)$$

Índice de eficiência: a capacidade realizada, quando comparada à efetiva, fornece, em porcentagem, a eficiência da unidade produtora em realizar o trabalho programado.

$$\text{Índice de eficiência} = \frac{\text{Capacidade realizada}}{\text{Capacidade efetiva}} \quad (3)$$

Para o presente estudo, os indicadores supracitados são de suma importância, pois seus reflexos serão utilizados para evidenciar possíveis ganhos com alterações de capacidade da empresa.

### 2.2.3. Estratégias de gestão da capacidade produtiva

A maioria das empresas precisa definir a capacidade de suas instalações. A escolha correta pode ser determinante para torná-la mais competitiva. No entanto, alterar a capacidade de uma operação não é tarefa simples, já que envolve grande quantidade de fatores a serem analisados antes de se tomar qualquer decisão.

Slack *et al* (2002) afirma que os gestores devem adotar uma posição entre as estratégias extremas as quais apresentam vantagens e desvantagens (Tabela 1): Capacidade antecipada à

demanda, onde a capacidade introduzida é dada sempre de forma que seja capaz de atender à demanda prevista, ou capacidade acompanhando a demanda, que é quando a demanda é sempre igual ou maior do que a capacidade instalada da empresa.

<i>Estratégia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Antecipação à demanda	Sempre há capacidade suficiente para atender à demanda. Logo a receita é maximizada. O “pulmão de capacidade” existente pode absorver a demanda extra.	A utilização é relativamente baixa, proporcionando custos altos. Risco de “sobrecapacidade” maior caso a demanda não atinja a previsão. Antecipação do desembolso de capital para a expansão da capacidade.
Acompanhamento da demanda	Sempre há demanda para manter as plantas funcionando a plena capacidade. Sendo os custos unitários minimizados. Problemas de “sobrecapacidade” serão minimizados caso as previsões de demanda não se realizem como o previsto. É adiado o desembolso de capital pra a expansão das operações.	Capacidade insuficiente para atender totalmente a demanda. Possibilidade de redução de receitas e instalação de clientes. Sem habilidade para aproveitar aumentos da demanda de curto prazo.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens das estratégias de alteração da capacidade  
 Fonte: Adaptado de Slack *et al* (2002)

### 3. Metodologia

#### 3.1. Método do desenvolvimento da pesquisa

Para um melhor entendimento, elaborou-se a figura 1, para então definir cada etapa e o que ela abrange.

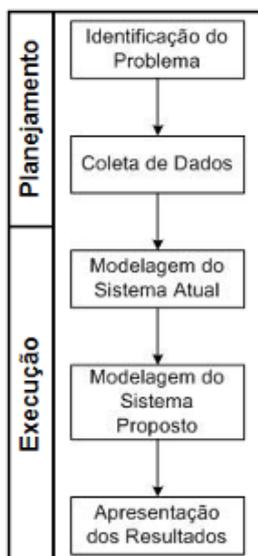


Figura 1: Etapas de um projeto de simulação  
 Fonte: Adaptado de Prado, 2004

### Etapa 1 – Identificação do problema

Esta etapa consiste na apresentação da estrutura organizacional da empresa, do funcionamento à operação. Contextualiza o cenário anterior e o posterior à ampliação, bem como as dificuldades consequentes desse processo. Por fim, é definido o problema da organização.

A empresa em estudo, doravante denominada empresa X, é fruto de uma *joint venture* entre uma empresa do segmento de produção de energia e a maior produtora do mundo de açúcar, etanol e energia a partir da cana de açúcar. O foco do trabalho é o processo de carregamento de veículos, conhecidos por auto-tanque (AT). Esta obedece ao fluxo a seguir:

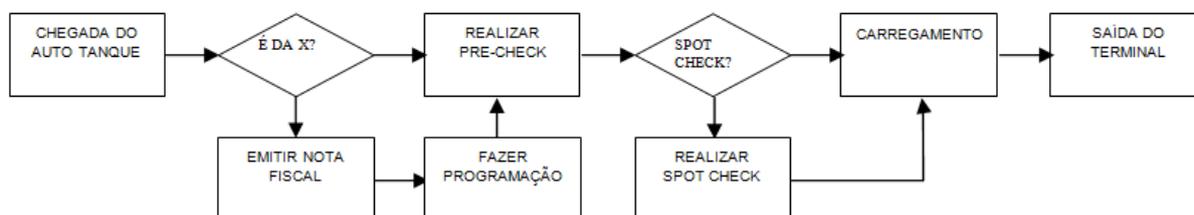


Figura 2: Fluxograma simplificado do carregamento de auto-tanques  
 Fonte: Autor

A chegada do auto tanque é dada a partir do cadastro do pedido dos clientes, existem quatro “clientes”, empresas Y, Z e W, e a própria X. Nesse último caso, há duas possibilidades: cliente CIF ou FOB. O primeiro se refere às entregas dos combustíveis feitas pelos veículos da empresa X. O outro é quando o próprio dono do posto é responsável pelo transporte do seu produto ou adquire mediante frete de terceiros.

As empresas Y, Z e W emitem suas próprias notas fiscais. Assim, quando o AT chega ao terminal, realiza apenas o pré-check. Ao fim do pré-check, o sistema sorteia aleatoriamente veículos para inspeção, o chamado *spot check*. Nesse momento, são feitas verificações quanto à integridade física do caminhão, dispositivos de segurança necessários para a operação e documentação do motorista. Só então o motorista é autorizada a realização do procedimento de carregamento dos produtos. Esse processo se repete em duas áreas distintas dentro do terminal de distribuição, pois antes da “fusão” cada empresa possuía seu próprio terminal de distribuição e clientes.

Atualmente a empresa aumentou sua capacidade produtiva instalada e houve também a “unificação” da carteira de clientes. Como consequência, existem inúmeras possibilidades para alocação dessa demanda nas duas áreas de carregamento, sendo importante a definição do arranjo que proporcione maior eficiência.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o problema abordado no presente estudo é como alocar os clientes nas duas áreas de carregamento de tal forma que a empresa consiga atendê-los utilizando a menor quantidade de recursos.

## Etapa 2 – Coleta de dados

Para identificação e mensuração dos dados utilizados no estudo de caso desse trabalho, levanta-se como o fluxo de serviços se dá, quais são as capacidades de cada área e a demanda de cada cliente.

A capacidade de cada área é medida através dos tempos médios de processamento das operações e dos recursos utilizados. Para facilitar o entendimento, esses valores serão dispostos na tabela 2.

<i>Operação</i>	<i>Instalação 1</i>	<i>Instalação 2</i>
Emissão de Nota Fiscal (*)	5 minutos	5 minutos
Cadastrar Programação	7 minutos	5 minutos
Tempo de Spot Check	40 minutos	30 minutos
Tempo de Carregamento por Plataforma (**)	52 minutos	45 minutos
Quantidade de Plataformas	6 unidades	4 unidades
Número de Operadores por Turno	1 Operador	2 Operadores

(\*) Aplicável apenas aos veículos em que os clientes forem da empresa X  
(\*\*) Considerando carregamentos de 20 m<sup>3</sup> em AT de quatro compartimentos de 5 m<sup>3</sup>

Tabela 2: Capacidade operacional e recursos utilizados por cada instalação da empresa X

Fonte: Autor

Salienta-se que os tempos de duração dos processos são estimativas elaboradas pela própria empresa em estudos anteriores. A quantidade de plataformas mostrada na tabela se refere à quantidade de caminhões que podem ser carregados ao mesmo tempo. Apesar de possuir mais plataformas, a instalação 1 tem uma vazão inferior a da 2. Enquanto a primeira é de aproximadamente 500 L/min, a segunda chega a cerca de 600 L/min. Além do tempo de carregamento do AT, dispendem-se mais dez minutos em procedimentos de segurança.

Cada instalação pode operar em no máximo três turnos, devendo-se ser descontadas duas horas do último turno para atividades contábeis e administrativas, referentes ao fechamento de estoque do terminal, representando uma perda da capacidade planejada. Cada instalação pode atender qualquer uma das empresas X, Y, Z e W, mas estas não podem operar nas duas instalações ao mesmo tempo.

A capacidade do processo é dada pelo tempo de carregamento, pois é o que apresenta maior duração e espera, ditando a capacidade máxima operacional da planta. A equação 4 foi desenvolvida para a determinação da capacidade instalada das áreas 1 e 2:

$$CD = \frac{NP \times AT \times DE}{TC} \quad (4)$$

Onde,

CD= Capacidade diária;

NP= Número de plataformas;

AT= Volume carregado (considerando caminhões com 20 m<sup>3</sup>);

DE= Duração do expediente (em horas);

TC= Tempo de carregamento (em horas);

Na tabela 3 podem ser vistos os valores para os diferentes tipos de capacidades, encontrados pela equação 4 a partir da substituição da variável “DE”.

	<i>Duração máx do expediente (h)</i>	<i>Capacidade do instalada (m<sup>3</sup>/dia)</i>	<i>Duração atual do expediente (h)</i>	<i>Capacidades disponível (m<sup>3</sup>/dia)</i>	<i>Duração efetiva do expediente* (h)</i>	<i>Capacidades efetiva (m<sup>3</sup>/dia)</i>
Instalação 1	24	3323	24	3323	22	3046
Instalação 2	24	2560	16	1707	14	1493

(\*) Em ambas as instalações são reduzidas duas horas diárias do expediente para realização de atividades contábeis e administrativas.

Tabela 3: Cálculo dos diferentes tipos de capacidades da empresa para as instalações 1 e 2  
 Fonte: Autor

Após mensurar o que cada instalação pode processar diariamente, apurou-se a quantidade que cada companhia carrega por mês (1 mês = 22 dias trabalhados). As informações dispostas na tabela 4 são oriundas do site do Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes – SINDICON e se referem a uma média mensal do ano de 2010.

<i>Empresa</i>	<i>Média mensal de carregamento (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Média diária de carregamento (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Quantidade média de veículos carregados por dia*</i>	<i>Participação (%)</i>
X	26.909	1223	61	34,55
Y	19.321	878	44	24,80
Z	18.375	835	42	23,60
W	13.279	604	30	17,05

\*Veículo com capacidade de 20 m<sup>3</sup>

Tabela 4: Participação média das empresas por dia, caminhões/dia e total mensal  
Fonte: Adaptado de SINDICOM, 2011

De posse dessas informações, é possível verificar a situação atual da empresa mediante os indicadores propostos por Peinado e Graef (2007). Para uma melhor compreensão do cenário, optou-se por dispor tais dados por meio da tabela 5.

	<i>Capacid. instalada (a)</i>	<i>Capacid. disponível (b)</i>	<i>Capacid. efetiva (c)</i>	<i>Capacid. realizada (d)</i>	<i>Grau de disponibilidade (b/a)</i>	<i>Grau de utilização (c/d)</i>	<i>Índice de eficiência ((d/c)*100)</i>
Instalação 1	3323	3323	3046	2101	1,00	0,92	68,98
Instalação 2	2560	1707	1493	1439	0,67	0,87	96,38

Tabela 5: Os indicadores de capacidade da empresa divididos por instalação  
Fonte: Autor

A partir dos dados, observa-se que a empresa possui um visível desbalanceamento de sua demanda e operações. O grau de disponibilidade e de utilização da instalação 1 é bem superior ao da outra, no entanto, percebe-se que enquanto a instalação 2 opera com uma eficiência de quase 96,38%, a outra apresenta um resultado inferior a 70%.

Com relação à mão de obra utilizada para o funcionamento da empresa, somam-se ao todo sete operadores, quatro para a instalação 2 e três para a 1. Desconsidera-se a mão de obra indireta.

Para analisar outras variáveis, como o atendimento da demanda no decorrer do dia, foi utilizado um *software* de simulação computacional Arena<sup>®</sup>.

### **Etapa 3 – Modelagem do sistema atual**

A modelagem do sistema atual se inicia com a determinação do fluxo das atividades dentro do sistema a ser observado. A partir daí, observa-se quais mensurações devem ser feitas para alimentar o futuro modelo. Neste caso, as mais relevantes são tempos dos processos de emissão da nota fiscal, programação dos pedidos, probabilidade de sorteio de *spot check* e sua duração e tempo gasto no carregamento do veículo.

Para melhor entendimento, optou-se por dividir as duas instalações no modelo apresentado, criando-se duas simulações distintas.

A figura a seguir apresenta o modelo da instalação 1.

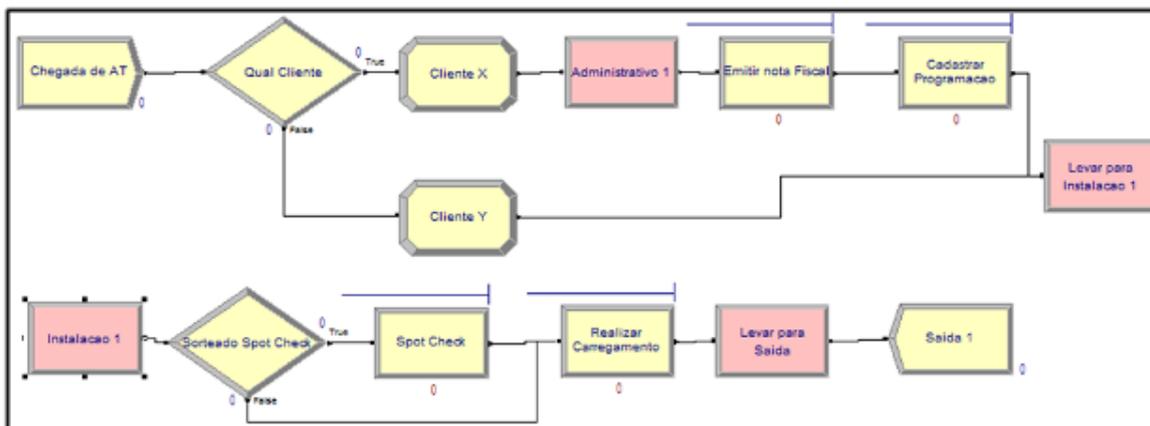


Figura 3: Modelo atual da instalação 1 do terminal de distribuição  
 Fonte: Autor

Percebe-se acima que apenas os clientes X e Y são atendidos nesse local, e que apenas os carregamentos da empresa X passam pelo setor administrativo, onde ocorre a emissão de nota fiscal e o cadastro do pedido.

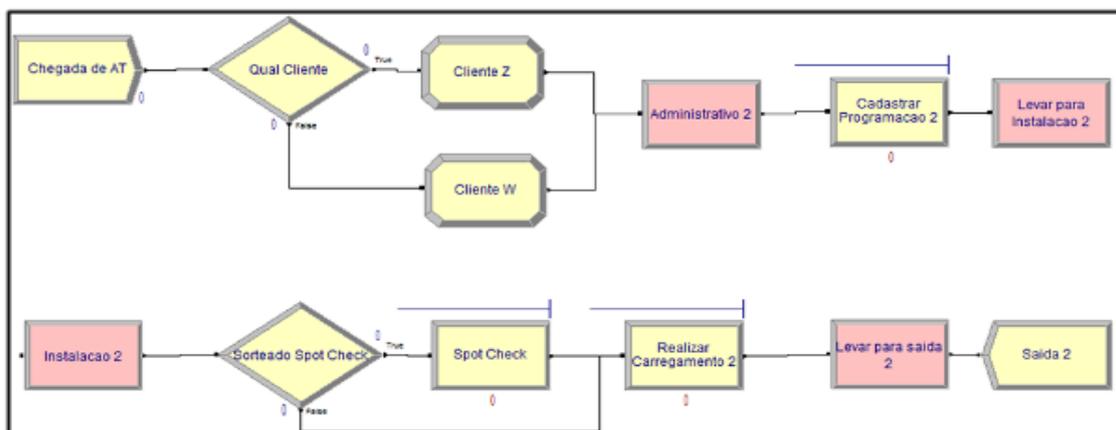


Figura 4: Modelo atual da instalação 2 do terminal de distribuição  
 Fonte: Autor

Nesta outra instalação, observa-se que são atendidos Z e W, não havendo emissão de nota fiscal, apenas o cadastro de pedido.

Realizou-se uma simulação que replicasse 22 dias, indicado em *Number of Replications*. O campo *Replication Length* se refere ao momento em que a simulação será interrompida. Esses valores são justificados pelo fato de só ocorrer chegadas e carregamentos de veículos até a 22ª hora do dia na instalação 1 e na 14ª hora na instalação 2 (Figura 5).

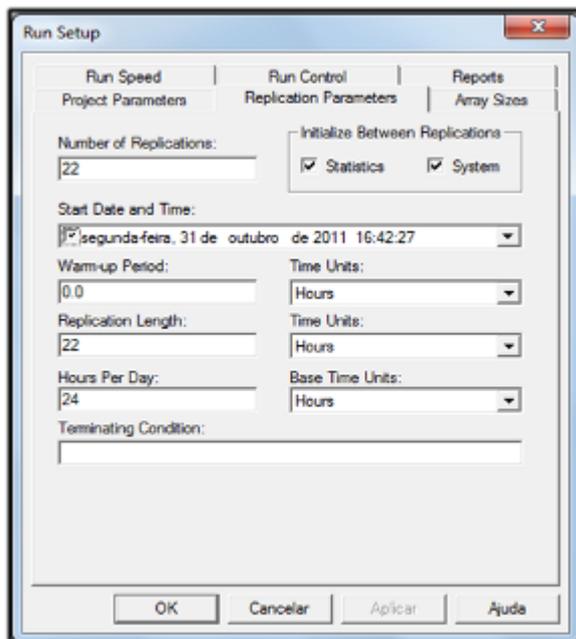


Figura 5: Parâmetros do controle de execução da instalação 1  
Fonte: Autor

Para a chegada das entidades, os AT's, foi utilizado o módulo Create, que é responsável pelos parâmetros: entidade, tempo entre as chegadas e quantidade por chegada.

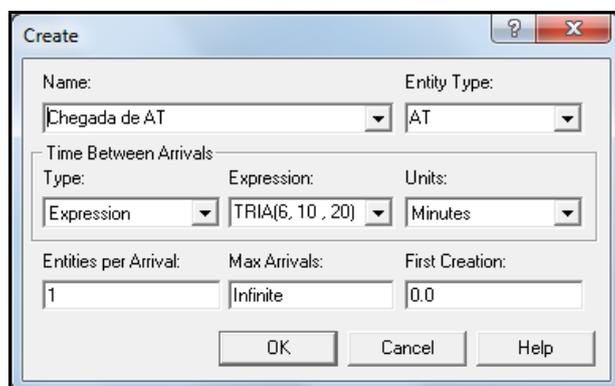


Figura 6: Módulos Create para as instalações 1  
Fonte: Autor

A distribuição usada para determinar a chegada dos veículos nas instalações é a triangular. Essa escolha se justifica por, dentre todas as distribuições testadas (exponencial, normal, Poisson), refletir melhor a maneira como os carros chegam ao terminal. Pela simulação, vê-se que as entidades são criados de forma similar ao que acontece no cenário real.

Através do módulo Decide são direcionados os AT's para os clientes. 58% das entidades criadas são consideradas como “verdadeiro”, referindo-se à empresa X, do contrário, será Y. Valores referentes ao percentual atual de cada veículo de acordo com as vendas de cada empresa.

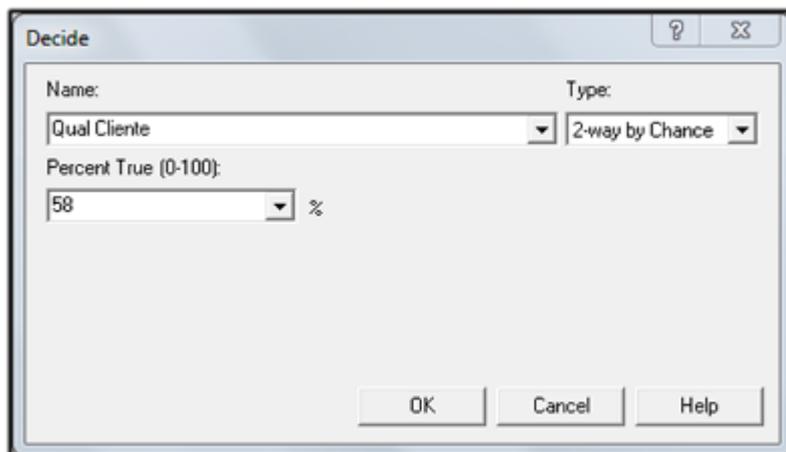


Figura 7: Módulo *Decide* utilizado para dividir os veículos dos clientes  
 Fonte: Autor

Ao entrar na instalação 1 ou 2, os veículos passam pelo módulo *Decide*, para sorteio do caminhão para o *spot check*. Caso seja sorteado, o veículo passa por um módulo *Process*. Em seguida, os veículos passam para o carregamento.

Os tempos de cada processo estão apresentados a seguir. Optou-se por um *delay* constante, pela ausência de dados e por a maior parte do tempo referir-se à operação de carregamento a uma vazão constante. Os valores utilizados para alimentar os processos vêm da tabela 2. Vale ressaltar que além dos tempos de operações, informou-se a capacidade dos recursos utilizados.

Process - Basic Process										
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Value	Report Statistics
1	Emitir nota Fiscal	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	5	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Cadastrar Programacao	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	7	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Realizar Carregamento	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	52	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Spot Check	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	40	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 8: Módulo *Process* e seus valores para a instalação 1 (cenário atual)  
 Fonte: Autor

Para a instalação 2, muda-se apenas a capacidade da plataforma, no caso, quatro.

Por último, os veículos saem do modelo de simulação através do módulo *Dispose*. O Arena gera automaticamente os relatórios de resultado. As variáveis mais importantes são as filas (*Queues*), as unidades processadas e a utilização dos recursos. Esse último será comparado com o índice de eficiência.

<i>Instalação 1 – Cenário atual</i>			
<b>Veículos Carregados</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Varição (1-(a/b)) (%)
Empresa X	61	62	1,61
Empresa Y	44	43	-2,33
Total	105	105	0,00
<b>Filas (Queues)</b>			
	Em horas	Em unidades	
Realizar carregamento	0,0034	0,0174	
<b>Índice de Eficiência</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Varição (1-(a/b)) (%)
Instalação 1	68,98	70,54	2,21

Tabela 6: Situação atual da instalação 1. Comparação da estimativa com a simulação  
Fonte: Autor

Vê-se que essa instalação possui uma capacidade subutilizada. Praticamente sem formação de filas.

<i>Instalação 2 – Cenário atual</i>			
<b>Veículos Carregados</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Varição (1-(a/b)) (%)
Empresa Z	42	39	-7,69
Empresa W	30	31	3,23
Total	72	70	-2,86
<b>Filas (Queues)</b>			
	Em horas	Em unidades	
Realizar carregamento	0,2601	1,4245	
<b>Índice de Eficiência</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Varição (1-(a/b)) (%)
Instalação 2	96,38	96,29	-0,09

Tabela 7: Situação atual da instalação 2. Comparação da estimativa com a simulação  
Fonte: Autor

Observa-se que os valores estimados são bem próximos aos encontrados pela simulação no Arena. Os tempos utilizados para alimentar o sistema, bem como a função probabilística para a chegada das entidades foram adequados, pois além de resultados semelhantes, no modelo real são vistos fenômenos parecidos, principalmente no tocante às filas.

#### **Etapa 4 – Modelagem do sistema proposto**

Nessa etapa é analisado o cenário novo, envolvendo melhorias em diferentes horários de funcionamento e na alocação dos clientes. A ideia é balancear a capacidade produtiva da empresa de forma a atender da forma mais eficiente os seus clientes.

Propõem-se alocar o cliente Z na instalação 1 e reduzir um turno da instalação 2, que operará apenas para atender os veículos da empresa W. Logo, as capacidades disponível e efetiva da instalação 2 sofrerão alterações.

Em seguida, calculam-se os indicadores propostos por Peinado e Graelm (2007) para o estudo da capacidade no cenário proposto (tabela 8).

	Capacidade instalada (a)	Capacidade disponível (b)	Capacidade efetiva (c)	Capacidade realizada (d)	Grau de disponibilidade (b/a)	Grau de utilização (c/b)	Índice de eficiência ((d/c)*100)
Instalação 1	3323	3323	3046	2936	1,00	0,92	96,39
Instalação 2	2560	853	640	604	0,34	0,75	94,38

Tabela 8: Indicadores de capacidade da empresa segmentados por instalação para o cenário proposto  
 Fonte: Autor

Observa-se um aumento substancial da eficiência da instalação 1, passando de 68,98% para mais de 96%. Já a outra instalação, tem sua eficiência reduzida, mas ainda assim apresenta um valor aceitável. Pode-se reduzir dois operadores na instalação 2, podendo ser realocados em outras funções. Além disso, são minimizados os dispêndios relacionados ao funcionamento, como energia elétrica e água.

Apesar das estimativas se mostrarem favoráveis, deve ser feita uma nova simulação no *software* Arena®, de modo a validar os cálculos desenvolvidos. O modelo da instalação 1 pode ser observado a seguir.

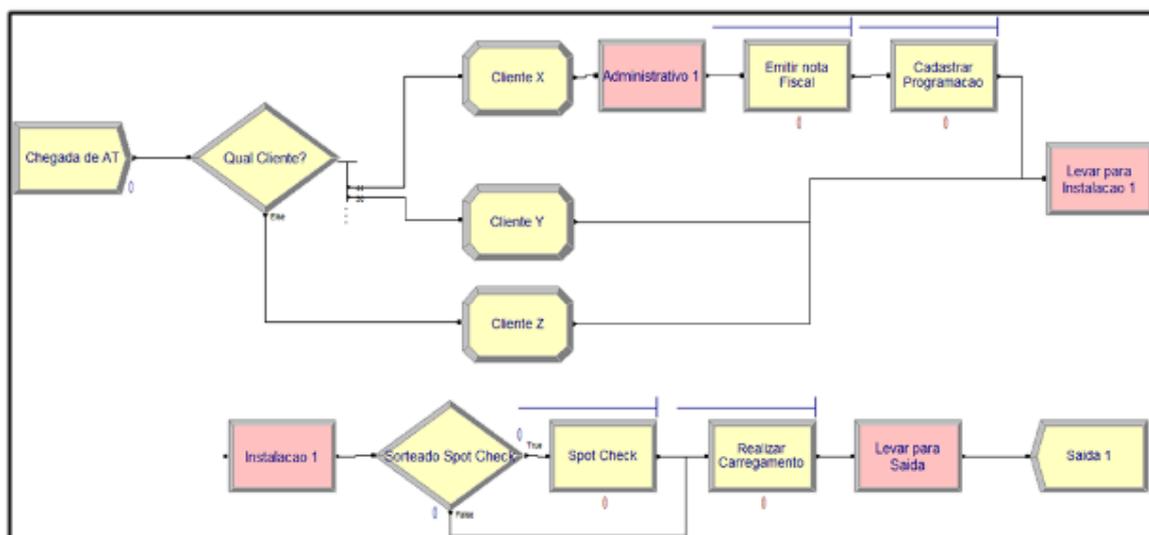


Figura 9: Modelo proposto para a instalação 1 do terminal de distribuição  
 Fonte: Autor

Constata-se, através da figura 9, que o cliente Z é alocado nessa instalação. Não há nenhuma mudança nos processos envolvidos na operação de carregamento. Na instalação 2 (figura 10), vê-se que opera apenas com o cliente W.

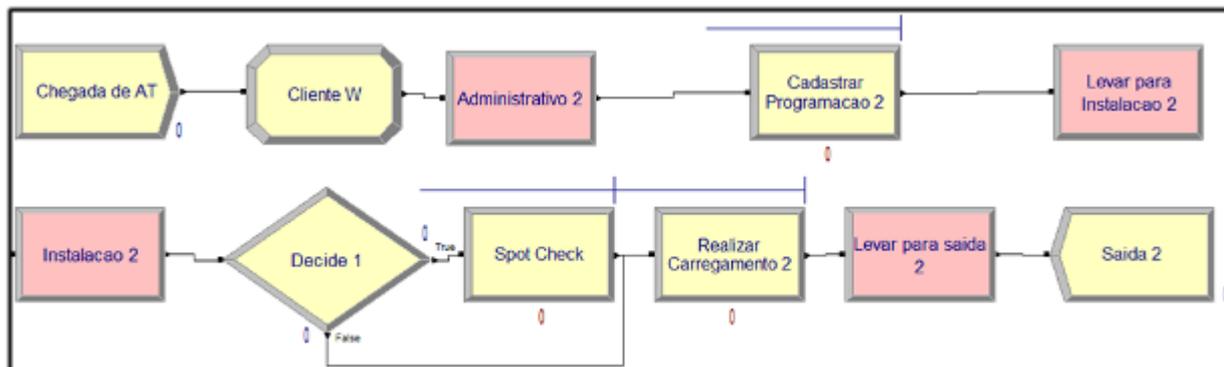


Figura 10: Modelo proposto para a instalação 2 do terminal de distribuição  
 Fonte: Autor

Apesar de não ter nenhuma mudança no fluxo de atividades ou nos tempos de processos, existem três módulos que tiveram as informações modificadas. O primeiro deles é o *Run Setup* da área 2. Com a redução do tempo de funcionamento dessa instalação, o campo *Replication Length*, ou seja, a duração de cada simulação passou de 14 para apenas seis horas diárias.

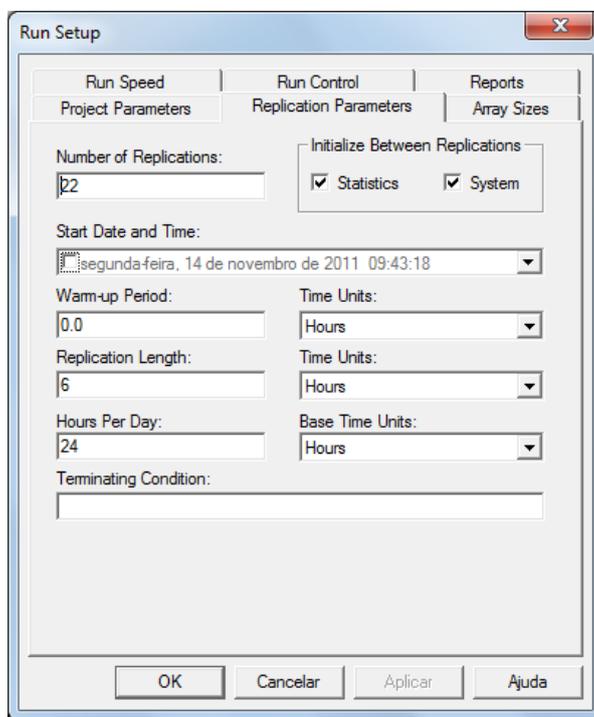


Figura 11: Parâmetros do controle de execução da instalação 2 para o cenário proposto  
 Fonte: Autor

O segundo módulo que apresentou mudanças foi o *Create* das duas instalações, pois com a nova quantidade de clientes, o tempo entre chegadas também mudou. Constata-se que as chegadas em 1 estão mais próximas do que atualmente, sugerindo assim uma maior utilização do recurso. Em 2, observa-se que praticamente não houveram mudanças significativas.

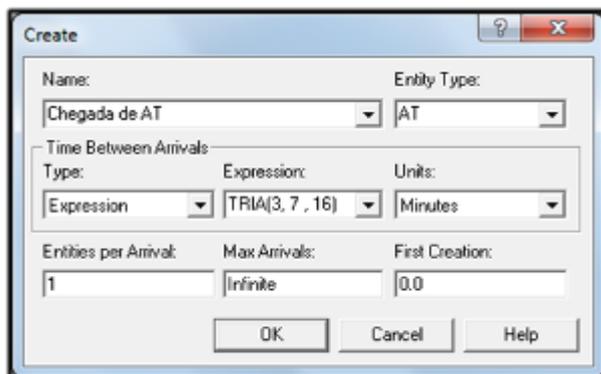


Figura 12: Módulos *Create* utilizados no modelo simulado para a nova proposta. Instalação 1  
Fonte: Autor

Para a situação de mais de duas decisões é utilizado tipo “N-way by chance”, onde são colocadas as porcentagens desejadas. Para o presente estudo, são colocadas duas possibilidades, 44% de ser de X e 30% de Y e 26% de Z.

Para os demais módulos, *Process*, *Assign* e *Dispose*, não é necessária a apresentação dos mesmos, pois são idênticos.

<i>Instalação 1 – Cenário proposto</i>			
<b>Veículos Carregados</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Variação (1-(a/b)) (%)
Empresa X	61	59	-5,17
Empresa Y	44	42	-4,76
Empresa Z	42	36	-13,51
Total	147	137	-7,30
<b>Filas (Queues)</b>			
	Em horas	Em unidades	
Realizar carregamento	0,5548	3,8389	
<b>Índice de Eficiência</b>			
	Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Variação (1-(a/b)) (%)
Instalação 1	96,39	97,54	1,18

Tabela 9: Resultados da instalação 1 após simulação da proposta. Comparação das estimativas com a simulação  
Fonte: Autor

Os valores apontados na tabela 9 indicam melhor aproveitamento dos recursos em 1. Destaque para a formação de fila, consequência do aumento da quantidade de veículos a serem carregados. A média de tempo que os carros ficaram aguardando ser carregados é de mais de 30 minutos, acumulando quase quatro veículos nessa fila.

<i>Instalação 2 – Cenário Proposto</i>			
<b>Veículos Carregados</b>			
	<b>Valor estimado (a)</b>	<b>Valor Simulado (b)</b>	<b>Variação (1-(a/b)) (%)</b>
Empresa W	30	28	-7,14
<b>Filas (Queues)</b>			
	<b>Em horas</b>	<b>Em unidades</b>	
Realizar carregamento	0,2861	1,7594	
<b>Índice de Eficiência</b>			
	<b>Valor estimado (a)</b>	<b>Valor Simulado (b)</b>	<b>Variação (1-(a/b)) (%)</b>
Instalação 2	94,38	94,19	-0,20

Tabela 10: Resultados da instalação 2 após simulação da proposta. Comparação das estimativas com a simulação  
 Fonte: Autor

A instalação 2, em termos de eficiência, permanece com um valor bastante positivo. No entanto, haverá formação de filas semelhantes às encontradas no cenário atual dessa instalação, tanto em tempo de espera como em quantidade de entidades aguardando processamento.

É oportuno justificar o motivo das variações do cenário proposto serem maiores do que o real. Em uma simulação de um processo existente, o analista já possui a resposta, o valor que ele deve perseguir. Caso não consiga representá-lo, ajusta-se o modelo até que os *outputs* se assemelhem à situação real. Já em uma situação hipotética, não dá para confrontar com cenários reais, pelo menos a princípio. Logo, o responsável pelo projeto, nesses casos é, através de sua experiência, admitir apenas aquele apresente os resultados mais plausíveis.

Vale ressaltar que as variações encontradas nas simulações dos modelos reais, como dos propostos apresentaram valores próximos aos calculados analiticamente. Essa consistência aponta um peso maior aos resultados apresentados.

### **Etapa 5 – Apresentação dos resultados**

Ao fim das simulações dos cenários atual e proposto, realiza-se uma comparação entre os mesmos, sob os critérios de grau de disponibilidade e número de operadores. Esse processo deve ser feito a partir das análises geradas pelo *software*, informando se houve ganho na mudança realizada.

<b>Instalação 1</b>								
<b>Veículos Carregados</b>								
<b>Cenário Atual</b>			<b>Cenário Proposto</b>			<b>Variação Total</b>		
Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Variação (1-(a/b)) (%)	Valor estimado (c)	Valor Simulado (d)	Variação (1-(a/b)) (%)	Valor estimado (c-a)	Valor Simulado (d-c)	
Empresa X	61	62	1,61	61	59	-5,17	0,00	-3,00
Empresa Y	44	43	-2,33	44	42	-4,76	0,00	-1,00
Empresa Z	-	-	0	42	36	-13,51	+42,00	36,00
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>147</b>	<b>137</b>	<b>-7,3</b>	<b>+42,00</b>	<b>+32,00</b>
<b>Filas (Queues)</b>								
<b>Cenário Atual</b>			<b>Cenário Proposto</b>			<b>Variação Total</b>		
Em horas (e)	Em unidades (f)		Em horas (g)	Em unidades (h)		Em horas (g-e)	Em unidades (h-f)	
Realizar carregamento	0,0034	0,0174	0,5548	3,8389		+0,55	+3,82	
<b>Índice de Eficiência</b>								
<b>Cenário Atual</b>			<b>Cenário Proposto</b>			<b>Variação Total</b>		
Valor estimado (i)	Valor Simulado (j)	Variação (1-(i/j)) (%)	Valor estimado (k)	Valor Simulado (m)	Variação (1-(k/m)) (%)	Valor estimado (j-i)	Valor Simulado (m-k)	
Instalação 1	68,98	70,54	2,21	96,39	97,54	1,18	+27,41	+27,00

Tabela 11: Comparação dos cenários atual com o proposto para a instalação 1

Fonte: Autor

Os números deixam claro que, com a inclusão de mais esse cliente, os indicadores de eficiência seriam alavancados, aumentando em aproximadamente 27% se comparados aos observados atualmente.

Com a elevação desse indicador, pode-se apontar como benefício a redução dos custos para o carregamento de um veículo (custo unitário). Mesmo com a análise de custos sendo uma das limitações do trabalho, é possível afirmar, sem precisar em números, que isso é procedente pelo fato de que com uma mesma mão de obra direta e indireta, bem como custos referentes ao funcionamento da instalação 1, serão atendidos uma maior quantidade de auto tanques.

Como ponto negativo, pode-se citar o aumento na quantidade de carros na espera pelo carregamento e o tempo que isso demanda. Apesar de ser aparentemente alarmante, não se pode afirmar que tal fator seria responsável por um impacto negativo no atendimento dos clientes, pois há em contrato cláusulas celebrando em quanto tempo os caminhões devem ser carregados.

### Instalação 2

Veículos Carregados								
Cenário Atual			Cenário Proposto			Variação Total		
Valor estimado (a)	Valor Simulado (b)	Variação (1-(a/b)) (%)	Valor estimado (c)	Valor Simulado (d)	Variação (1-(a/b)) (%)	Valor estimado (c-a)	Valor Simulado (d-c)	
Empresa Z	42	39	-7,69	-	-	-	0,00	0,00
Empresa W	30	31	3,23	30	28	-7,14	0,00	-3,00
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>70</b>	<b>-2,86</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>-7,14</b>	<b>-42,00</b>	<b>-42,00</b>

Filas (Queues)						
Cenário Atual		Cenário Proposto		Variação Total		
Em horas (e)	Em unidades (f)	Em horas (g)	Em unidades (h)	Em horas (g-e)	Em unidades (h-f)	
Realizar carregamento	0,2601	1,4245	0,2861	1,7594	+0,03	+0,33

Índice de Eficiência								
Cenário Atual			Cenário Proposto			Variação Total		
Valor estimado (i)	Valor Simulado (j)	Variação (1-(i/j)) (%)	Valor estimado (k)	Valor Simulado (m)	Variação (1-(k/m)) (%)	Valor estimado (j-i)	Valor Simulado (m-k)	
<b>Instalação 2</b>	<b>96,38</b>	<b>96,29</b>	<b>-0,09</b>	<b>94,38</b>	<b>94,19</b>	<b>-0,2</b>	<b>-2,00</b>	<b>-2,10</b>

Tabela 12: Comparação da situação atual com a proposta para a instalação 2  
Fonte: Autor

Através da tabela 12, percebe-se que tanto os indicadores de eficiência, como da quantidade e do tempo dos veículos na fila do processo de carregamento permanecem quase inalterados, se comparados ao cenário atual. No entanto, o ponto positivo dos valores encontrados é exatamente ter conseguido manter os bons resultados mesmo com a redução de um turno de trabalho.

O lado negativo dessa mudança é qualitativo: dois funcionários passarão a ter seus empregos comprometidos. Desta forma, uma das preocupações do analista é identificar impactos sociais negativos resultantes de seus modelos, bem como buscar maneiras de mitiga-los.

## 5. Conclusão

A partir da análise dos processos operacionais da empresa, desenvolveu-se um modelo computacional capaz de simular o comportamento da capacidade dos recursos, dada a chegada dos veículos no terminal de distribuição, respeitando as restrições inerentes ao sistema, como a duração dos turnos e a possibilidade dos clientes só serem atendidos por um terminal somente.

Além disso, obedecendo as limitações supracitadas, levantou-se a hipótese de que, a partir da mudança do local de atendimento do cliente Z, passando da instalação 2 para a 1, o cenário global da empresa seria de um melhor aproveitamento dos recursos.

Foram realizadas tais alterações e, mediante a comparação dos resultados obtidos nas simulações dos cenários atual e proposto, foi possível observar que além de viável a transferência de um dos clientes da instalação 2 para a instalação 1, reduzindo para apenas um turno de funcionamento as atividades da instalação 2. Tais resultados foram validados através de simulações computacionais desenvolvidas a partir do *software* Arena®, onde se constatou que as variações entre os valores apresentados pelas simulações e pelo cálculo foram praticamente desprezíveis.

A eficiência, no que toca à utilização dos recursos aumentou. Observou-se que a instalação 1 saltou de aproximadamente 70% para 97,54%. A instalação 2 teve a eficiência reduzida em menos de 2%, mas ainda revela um resultado satisfatório nesse indicador, ostentando 94,19% de índice de eficiência operacional. Ressalta-se que os valores citados se referem aos resultados apresentados nos relatórios do Arena.

Percebeu-se com a mudança que é possível reduzir os custos referentes ao funcionamento do terminal, visto que uma das instalações pode operar com apenas um turno. Um fato que aponta para isso é a redução com mão de obra direta, já que antes para o funcionamento de toda a operação eram necessários sete operadores e pela alternativa proposta pelo estudo a organização precisará contar com apenas cinco desses funcionários.

Para próximos estudos, sugere-se a inclusão de mais detalhes no modelo simulado das operações da empresa, como os recebimentos de produtos por cabotagem ou modal rodoviário. Outra possibilidade é análise dos custos operacionais envolvidos nas mudanças propostas pelo presente trabalho.

#### Referências

- CLOSE, CHARLES M.; FREDERICK, DEAN K.** *Modeling and Analysis of Dynamics Systems*. 2º Ed. New York: Wiley,1995.
- FREITAS FILHO. P.** *Introdução à modelagem de sistemas*. 2º Ed. Florianópolis: Visual Books,2008.
- LAW, AVERILL M.** *Simulation, Modeling & Analysis*. 4º Ed. Boston: Mc Graw Hill,2007.
- LJUNG, L.** *Systems Identification*. 2º Ed. Upper Saddle River: Prantice Hall,1999.
- PEINADO, J.; GRAELM, ALEXANDRE R.** *Administração da produção: Operações industriais e de serviços*. Curitiba: Unicenp,2007.
- PRADO, DARCI.** *Usando o Arena em simulação*. Nova Lima: INDG,2004.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Atlas,2002.
- SINDICON – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes.** Vendas, pela distribuidora, dos combustíveis derivados de petróleo e etanol hidratado. Disponível em: [http://www.sindicom.com.br/pub\\_sind/media/Vendas\\_de\\_Combustiveis\\_m3\\_SINDICOM-porCIA-2011.pdf](http://www.sindicom.com.br/pub_sind/media/Vendas_de_Combustiveis_m3_SINDICOM-porCIA-2011.pdf). Acesso em: 16 setembro 2011.