

## 6. Simulações

### 6.1. Critério de seleção dos dias para a simulação

Com base nas informações da empresa de julho de 2006 a junho de 2007 foram obtidas a média de clientes ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma_\mu$ ) diários. O objetivo era selecionar os dias para representarem o modelo garantindo 97,5% ( $\alpha$ ) dos casos (Montgomery & Runger, 2003):

$$n_c = \mu + \phi(1 - \alpha) \times \sigma_\mu \quad (54)$$
$$\phi(1 - 0,975) = 1,96$$

Onde  $n_c$  é o número de clientes que deve ser maior ou igual a 97,5% dos casos. O  $n_c$  encontrado foi de 186 clientes.

Depois de calculado o  $n_c$ , selecionamos 8 dias que tinham números de clientes iguais ou muito próximos do  $n_c$  que se encontram na tabela 5. Os 8 dias foram selecionados para verificar se os modelos apresentam alguma falha e se há variações significativas no volume dos pedidos e nas distâncias a serem percorridas entre eles.

**Tabela 1: Seleção dos dias**

Dia	Nº Clientes
21/7/2006	196
30/11/2006	203
12/2/2007	175
22/2/2007	174
29/3/2007	171
16/5/2007	176
31/5/2007	189
12/6/2007	196

## **6.2. Critério de Agrupamento por Regiões**

Depois de selecionados os dias, verificou-se que o número de regiões variava entre 15 a 30 regiões. Com o objetivo de facilitar as simulações no modelo de *Bin Packing*, as regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro e os municípios do Estado do Rio de Janeiro, foram agrupados seguindo um critério de proximidade, vizinhança.

Uma matriz de municípios foi criada para identificar quais municípios são fronteiriços, e o mesmo foi feito para as regiões administrativas. As matrizes encontram-se nos anexos 3 e 4.

Durante o agrupamento, percebeu-se que em alguns dias determinados municípios não possuíam municípios vizinhos. Para estes casos, buscou-se o município mais próximo para ser inserido no grupamento de zonas em regiões.

## **6.3. Restrições**

### **6.3.1. Número de Veículos**

O número de veículos disponíveis pode ou não ser uma restrição, isto depende da frota ser própria ou terceirizada. A empresa em estudo possui frota própria com a seguinte composição (todos os caminhões são tipo truck):

- 6 veículos de 3500 ton;
- 11 veículos de 6500 ton;
- 3 veículos de 13000 ton.

Somando a capacidade máxima de cada veículo da frota e considerando 100% de ocupação dos veículos é possível transportar 131.500 toneladas.

Como o volume máximo de pedidos em um dia de pico é de aproximadamente 220.000 toneladas, foram adicionados veículos terceirizados para atender a esta demanda, caso seja necessário.

Composição dos veículos terceirizados;

- 5 veículos de 6500 ton
- 5 veículos de 13000 ton

Logo, o volume total é de 229.000 toneladas.

Para os casos em que a composição da frota é toda terceirizada, pode-se utilizar os modelos para comparar e compor a frota com diferentes empresas. Neste caso, considera-se que o número de veículos é muito superior a quantidade necessária, como se fossem infinitos.

### **6.3.2. Número de clientes por tipo de caminhão**

O número de clientes por tipo de veículo não depende apenas da capacidade do veículo, também depende da distância a ser percorrida e do tempo total do ciclo. Logo em cada região e para cada tipo de veículo foi calculado o número de clientes, respeitando as condições apresentadas anteriormente.

A seguir estão listados os passos realizados na determinação do número de clientes:

Passo 1: foi calculado o volume médio de pedidos por cliente em cada região e considerou se que em cada região os clientes pediam o mesmo volume de pedido.

Passo 2: Após calculados os volumes médios, foram calculados quantos clientes cada tipo de veículo era capaz de atender, respeitando o seu limite de capacidade.

Passos 3: A partir da determinação do número de clientes, calculou-se a distância total a ser percorrida e sabendo as velocidades médias, obteve-se os tempos de ciclo.

Passos 4: Os tempos de ciclos foram verificados para saber se a restrição do tempo estava sendo respeitada. Quando não era, buscou se identificar o menor número inteiro que respeitasse a todas as restrições. Para os casos em que o

número de clientes era superior ao número de clientes da região, considerou-se que o número de clientes era o número total de clientes da região.

Os passos descritos anteriormente foram feitos para todos os tipos de veículo, considerando duas opções, entregar em apenas um dia (11 horas) ou em dois dias (22 horas). As opções foram criadas para atender as regiões mais distantes, como a cidade de Campos, que só o tempo de viagem de ida e volta era superior às 11 horas máximas permitidas.

#### 6.4. Resultados das Simulações

Os resultados da simulação de um dia seguem abaixo e estão indicados. Os resultados dos outros 7 dias encontram-se no anexo IV. As tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam os resultados: número de veículos necessários, custos totais, número de clientes, capacidade e tempo de trabalho por tipo de veículo, considerando as opções de entrega em 11 horas ou 22 horas.

Os títulos Clientes, Peso, Peso/Cliente e Distância indicam o tipo de ordenação utilizando o método de *Bin Packing*. Já o título OPL indica que a otimização foi feita no Simplex OPL Studio e todas as regiões foram otimizadas simultaneamente.

**Tabela 2: Método de BPP por cliente – dia 310507**

	Clientes										
	11 horas					22 horas					Total
	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	
<b>Veículos</b>	8	12	3	1	4	-	-	-	4	2	<b>34</b>
<b>Custo</b>	2.135,16	3.323,25	710,26	18,77	1.861,17	-	-	-	1.400,00	940,00	<b>10.389</b>
<b>Clientes</b>	26	105	29	2	11	-	-	-	25	10	<b>208</b>
<b>Capacidade</b>	28.000	78.000	39.000	6.849	52.000	-	-	-	26.000	26.000	<b>255.849</b>
<b>Hora</b>	60	108	26	2	25	-	-	-	22	15	<b>258</b>

**Tabela 3: Método de BPP por peso - dia 310507**

	Peso										
	11 horas					22 horas					Total
	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	
<b>Veículos</b>	11	14	5	3	5	-	-	-	1	-	<b>39</b>
<b>Custo</b>	1.815,87	2.291,81	880,36	2.002,30	3.082,19	-	-	-	350,00	-	<b>10.423</b>
<b>Clientes</b>	47	97	13	20	34	-	-	-	7	-	<b>218</b>
<b>Capacidade</b>	37.098	85.220	64.185	19.500	65.000	-	-	-	6.500	-	<b>277.504</b>
<b>Hora</b>	61	88	33	32	50	-	-	-	7	-	<b>271</b>

**Tabela 4: Método de BPP por peso/cliente - dia 310507**

	Peso/Clientes										
	11 horas					22 horas					Total
	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	
<b>Veículos</b>	9	14	5	4	5	-	-	-	1	-	<b>38</b>
<b>Custo</b>	1.122	2.382	880	2.763	3.392	-	-	-	451	-	<b>10.991</b>
<b>Clientes</b>	48	93	13	24	30	-	-	-	8	-	<b>216</b>
<b>Capacidade</b>	30.098	91.720	64.185	26.000	65.000	-	-	-	6.500	-	<b>283.504</b>
<b>Hora</b>	42	90	33	42	53	-	-	-	8	-	<b>267</b>

**Tabela 5: Método de BPP por distância - dia 310507**

	Distância										Total
	11 horas					22 horas					
	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	
<b>Veículos</b>	7	16	4	1	1	-	-	0	1	3	<b>33</b>
<b>Custo</b>	2.354	3.442	936	350	364	-	-	0	350	1.410	<b>9.206</b>
<b>Clientes</b>	29	110	16	2	1	-	-	0	7	43	<b>208</b>
<b>Capacidade</b>	24.902	103.810	57.608	6.500	10.058	-	-	0	6.500	39.000	<b>248.378</b>
<b>Hora</b>	66	115	33	2	4	-	-	0	5	29	<b>255</b>

**Tabela 6: Método de PLI software OPL - dia 310507**

	OPL										Total
	11 horas					22 horas					
	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	Pequeno	Médio	Grande	Terceiro 1	Terceiro 2	
<b>Veículos</b>	5	10	3	-	1	1	1	-	3	4	<b>28</b>
<b>Custo</b>	699	1.075	594	-	470	592	712	-	1.320	1.880	<b>7.342</b>
<b>Clientes</b>	16	27	25	-	9	15	16	-	33	56	<b>197</b>
<b>Capacidade</b>	17.500	65.000	39.000	-	13.000	3.500	6.500	-	19.500	52.000	<b>216.000</b>
<b>Hora</b>	23	40	24	-	9	16	18	-	29	45	<b>205</b>

A tabela 11 foi criada para verificar se as restrições peso, número de clientes em cada região estavam sendo respeitadas e aproveitar para comparar os custos com transporte com o valor da fatura em cada região com o objetivo de identificar a eficiência do serviço de transporte. As siglas de cada coluna estão listadas abaixo:

Custo/Rec. – Relação entre o custo com transporte, calculado na simulação, dividido pelo valor da fatura de cada região.

C/CR – Relação entre o número de clientes, calculado na simulação, dividido pelo número total dos pedidos de cada região.

P/PR – Relação entre o peso calculado na simulação, dividido pelo peso solicitado pelos clientes de cada região.

**Tabela 7: Comparação de métodos e ordenações – dia 310507**

Região - R	CLIENTES			PESO			PESOCIENTE			DISTANCIA			OPL		
	Custo/Rec.	C/CR	P/P R	Custo/Rec.	C/CR	P/P R	Custo/Rec.	C/CR	P/P R	Custo/Rec.	C/CR	P/P R	Custo/Rec.	C/CR	P/P R
1	13,93%	100,0%	638,88%	5,28%	100,00%	1277,77%	4,32%	100,00%	344,01%	4,68%	100,00%	638,88%	4,68%	100,00%	638,88%
2	1,90%	120,0%	128,96%	1,90%	120,00%	128,96%	1,90%	120,00%	128,96%	2,56%	100,00%	128,96%	2,56%	100,00%	128,96%
3	4,37%	101,3%	100,00%	1,37%	126,34%	100,00%	1,37%	126,34%	100,00%	2,12%	157,27%	99,10%	1,76%	200,00%	100,29%
4	1,46%	100,0%	177,28%	2,07%	131,58%	136,37%	2,51%	142,11%	143,19%	3,22%	100,00%	177,28%	1,46%	100,00%	177,28%
5	1,51%	105,9%	104,18%	1,42%	100,00%	100,00%	1,42%	100,00%	100,00%	1,23%	100,00%	103,05%	1,83%	100,00%	103,05%
6	4,67%	100,0%	164,18%	3,35%	200,00%	176,81%	1,77%	100,00%	164,18%	4,67%	100,00%	164,18%	1,77%	100,00%	164,18%
7	19,63%	100,0%	585,59%	2,77%	100,00%	315,32%	2,77%	100,00%	315,32%	19,63%	100,00%	585,59%	2,95%	100,00%	585,59%
8	17,91%	100,0%	330,30%	26,45%	100,00%	625,21%	34,99%	100,00%	920,12%	17,91%	100,00%	330,30%	8,18%	100,00%	153,35%
9	20,79%	120,0%	648,44%	33,69%	120,00%	1080,74%	33,69%	120,00%	1080,74%	19,63%	120,00%	448,92%	10,58%	100,00%	116,39%
10	2,26%	109,76%	115,85%	2,26%	109,76%	115,85%	2,26%	109,76%	115,85%	2,26%	109,76%	115,85%	2,53%	112,20%	115,85%
11	5,16%	100,0%	191,00%	5,16%	100,00%	191,00%	3,27%	100,00%	102,84%	3,54%	100,00%	191,00%	5,16%	100,00%	191,00%
12	2,12%	100,0%	102,06%	1,83%	100,00%	117,37%	1,83%	100,00%	117,37%	2,27%	113,33%	132,68%	2,12%	100,00%	102,06%
13	4,58%	100,0%	144,32%	3,12%	160,00%	155,42%	1,80%	100,00%	144,32%	1,80%	100,00%	144,32%	1,80%	100,00%	144,32%
14	17,20%	100,0%	1000,38%	17,20%	100,00%	1000,38%	17,20%	100,00%	500,19%	10,77%	100,00%	500,19%	9,88%	100,00%	269,33%
15	9,66%	181,8%	323,18%	15,52%	181,82%	484,76%	15,52%	181,82%	484,76%	9,66%	181,82%	323,18%	7,85%	100,00%	161,59%
<b>Média</b>	<b>8,48%</b>	<b>109,3%</b>	<b>316,97%</b>	<b>8,23%</b>	<b>123,30%</b>	<b>400,40%</b>	<b>8,44%</b>	<b>113,33%</b>	<b>317,46%</b>	<b>7,06%</b>	<b>112,14%</b>	<b>272,23%</b>	<b>4,34%</b>	<b>107,48%</b>	<b>210,14%</b>