

## **4 Antigo sistema brasileiro**

O objetivo deste capítulo é apresentar o sistema de programação de entregas e previsão de demanda para clientes VMI utilizado pela Empresa de Gases Alfa no Brasil antes das mudanças para os moldes do sistema norte americano.

É importante ressaltar que a Empresa de Gases Alfa adota a política de clientes VMI, com o pagamento do produto vendido no momento da entrega ao cliente. Desta forma a Empresa de Gases Alfa gerencia o estoque dos clientes, mas eles é que arcam com os custos de estoque e armazenagem envolvidos, uma vez que pagam pelo produto no momento da entrega e o mantém estocado em seus tanques para consumo.

Este capítulo será dividido em duas seções para tratar separadamente da forma de ressuprimento utilizada neste sistema e dos indicadores utilizados para avaliar o desempenho da operação. As análises apresentadas no final do capítulo foram resultados da aplicação da metodologia científica apresentada no Capítulo 1 dessa dissertação.

### ***4.1 Forma de Ressuprimento***

De acordo com o sistema adotado no Brasil, o ponto de reposição de um cliente correspondia ao nível do tanque no momento em que deveria ocorrer o ressuprimento. Este momento era recalculado à partir da informação do nível do tanque após o último abastecimento realizado. Sempre que era realizada uma descarga o volume final do tanque era registrado e à partir desta informação o sistema recalculava o ponto de reposição utilizando um modelo de previsão de demanda que estimava o consumo diário esperado. Este modelo de previsão de demanda utilizado era o modelo de suavização exponencial simples, conforme descrito no referencial teórico. De acordo com este modelo a previsão é realizada atribuindo-se pesos diferentes para informações mais antigas e mais recentes.

O modelo adotado estimava a demanda diária considerando a média histórica do cliente de acordo com a Fórmula 2 descrita no referencial teórico usando dois valores para a constante de suavização exponencial conforme segue :

$\alpha = 0,1$  quando última demanda diária real  $<$  média anterior ;

$\alpha = 0,3$  quando última demanda diária real  $>$  média anterior

Importante ressaltar que o valor de  $\alpha$  podia ser 0,1 ou 0,3 dependendo da situação e estes dois valores foram definidos através de experimentos e análises estatísticas. O valor mais alto de  $\alpha$  fornecia um peso maior a última demanda real observada.

As informações de demanda real eram obtidas a cada entrega realizada para o cliente. No momento em que chegava ao cliente o motorista observava o nível do tanque antes de começar a realizar a entrega. O motorista registrava esta informação e à partir dela o sistema calculava qual tinha sido o consumo do cliente no período que se passou entre este momento e a entrega imediatamente anterior. A demanda no período entre duas entregas consecutivas era dividida pelo número de dias deste período obtendo a demanda diária real.

Para cálculo do ponto de reposição eram considerados esta estimativa de demanda diária e o estoque de segurança estabelecido para cada cliente. O ponto de reposição ocorria no momento em que estas duas curvas encontravam-se.

O estoque de segurança era considerado “variável” no tempo, aumentando à medida que era maior o número de dias após o último abastecimento realizado para o cliente. Isto ocorria, pois a informação mais correta sobre a demanda do cliente era obtida no momento do abastecimento e à medida que afastava-se desta data a incerteza aumentava, pois não era possível ter informações a respeito de variações no consumo. À medida que os dias passam cresce a incerteza, pois aumenta o número de dias em relação ao último abastecimento, que é a última informação “confiável”.

Para calcular o estoque de segurança a empresa de Gases Alfa julgou necessário utilizar o desvio-padrão da demanda diária do cliente. As observações que a empresa possuía eram dos abastecimentos ocorridos no cliente, logo era

necessário utilizar uma fórmula para calcular o desvio-padrão de consumo diário do cliente  $n$  dias após o último abastecimento. Considerava-se o consumo calculado entre dois abastecimentos como sendo a média de uma “amostra” de certo número de consumos diários. É feita aproximação ao desvio padrão do consumo diário multiplicando o desvio padrão dos consumos calculados (últimas quinze visitas) pela raiz quadrada do intervalo médio entre entregas<sup>1</sup>. Este cálculo era feito da seguinte forma :

$$\sigma_{diário} = \sigma_{abastecimentos} / \sqrt{n} \quad \text{Fórmula (15)}$$

Onde:

$\sigma_{diário}$  = desvio-padrão do consumo diário

$\sigma_{abastecimento}$  = desvio-padrão considerando os 15 últimos abastecimentos

$n$  = número de dias após o último abastecimento

Esta fórmula comprova que o desvio-padrão da demanda diária tende a aumentar à medida que  $n$  aumenta, isto é, a incerteza quanto ao consumo tende a ser maior à medida que o tempo passa e a última informação concreta de consumo vai ficando mais distante.

À partir do cálculo deste desvio-padrão foi acrescentado um fator a Fórmula 14 descrita no referencial teórico para determinar o estoque de segurança da empresa. Esta fórmula foi multiplicada por  $\sqrt{n}$  considerando que este estoque varia ao longo do tempo, isto é, é proporcional ao número de dias que já se passaram após o último abastecimento (última informação correta da demanda). Além disso foi determinado valor de  $K=1,75$ , pois o objetivo era garantir uma probabilidade de 95,99 % de não haver falta de produto em um ciclo, conforme descrito no referencial teórico. Desta forma, a fórmula utilizada pela Empresa de Gases Alfa para o cálculo do estoque de segurança era a seguinte:

---

<sup>1</sup> De acordo com o **Teorema do Limite Central** Médias de amostras aleatórias de  $N$  elementos de uma mesma população tendem a uma distribuição normal com média igual à da população e variância  $N$  vezes menor (desvio padrão, portanto, “raiz quadrada de  $N$ ” vezes menor).

$$ES = k_x \sqrt{n} \times \sigma \text{ diário} \quad \text{Fórmula (16)}$$

Onde:

$ES$  = estoque de segurança

$K = 1,75$

$n$  = número de dias após o último abastecimento

$\sigma \text{ diário}$  = desvio-padrão do consumo diário

O ponto de reposição do cliente ocorria justamente no momento em que as curvas de previsão de demanda e estoque de segurança se encontravam, conforme pode ser visto na Figura 8.

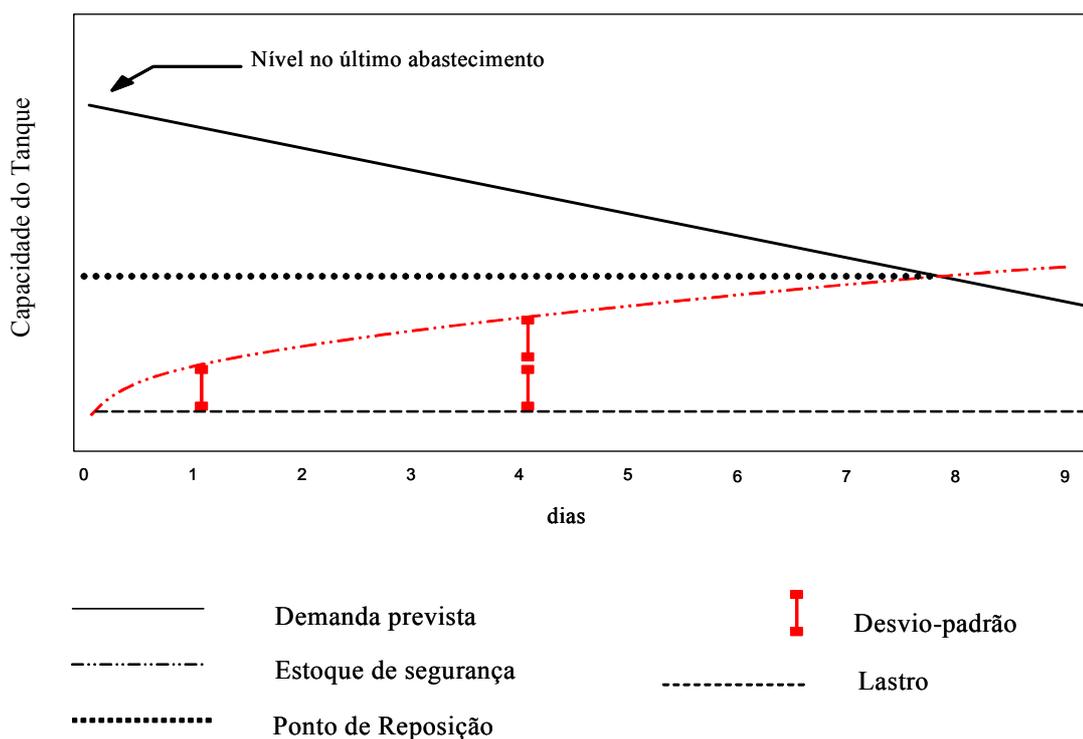


Figura 8: Determinação do ponto de reposição para um determinado cliente

É importante ressaltar que alguns clientes eram monitorados com equipamentos de telemetria remota ou RTUs (*Remote Telemetry Unit*). Estes equipamentos transmitiam diariamente a informação do nível do tanque. Para

estes clientes o cálculo do estoque de segurança era realizado utilizando a fórmula 16 e considerando sempre  $n=1$ . Para estes clientes não era necessário aumentar o estoque de segurança à medida que se passavam os dias após o último abastecimento, porque a demanda real era obtida diariamente e não apenas nos momentos de abastecimento. Apenas 5% dos clientes possuía equipamentos de telemetria remota.

Os clientes de entrega automática (VMI) tinham seus estoques controlados através deste modelo de previsão de demanda, que calculava também o ponto de reposição, logo não era necessário que o cliente solicitasse produto.

O sistema utilizado pela Empresa de Gases Alfa era capaz de prever o momento que o cliente deveria estar necessitando de produto, conforme descrito anteriormente, e sugerir uma entrega para este momento da quantidade de produto necessária para abastecer totalmente o tanque.

A figura 9 apresenta o gráfico do cliente A da forma como era visualizado no sistema. O último abastecimento para este cliente foi realizado no Ponto C. O gráfico mostra a demanda real ocorrida no período anterior a esta data e a previsão de demanda à partir desta data.

Como pode ser observado a capacidade máxima deste tanque é de 4.950 m<sup>3</sup>, o lastro é de 990 m<sup>3</sup> (20% da capacidade total) e o ponto de reposição previsto no Ponto C encontra-se no nível de 1931 m<sup>3</sup> que corresponde a 39 % do volume total do tanque.

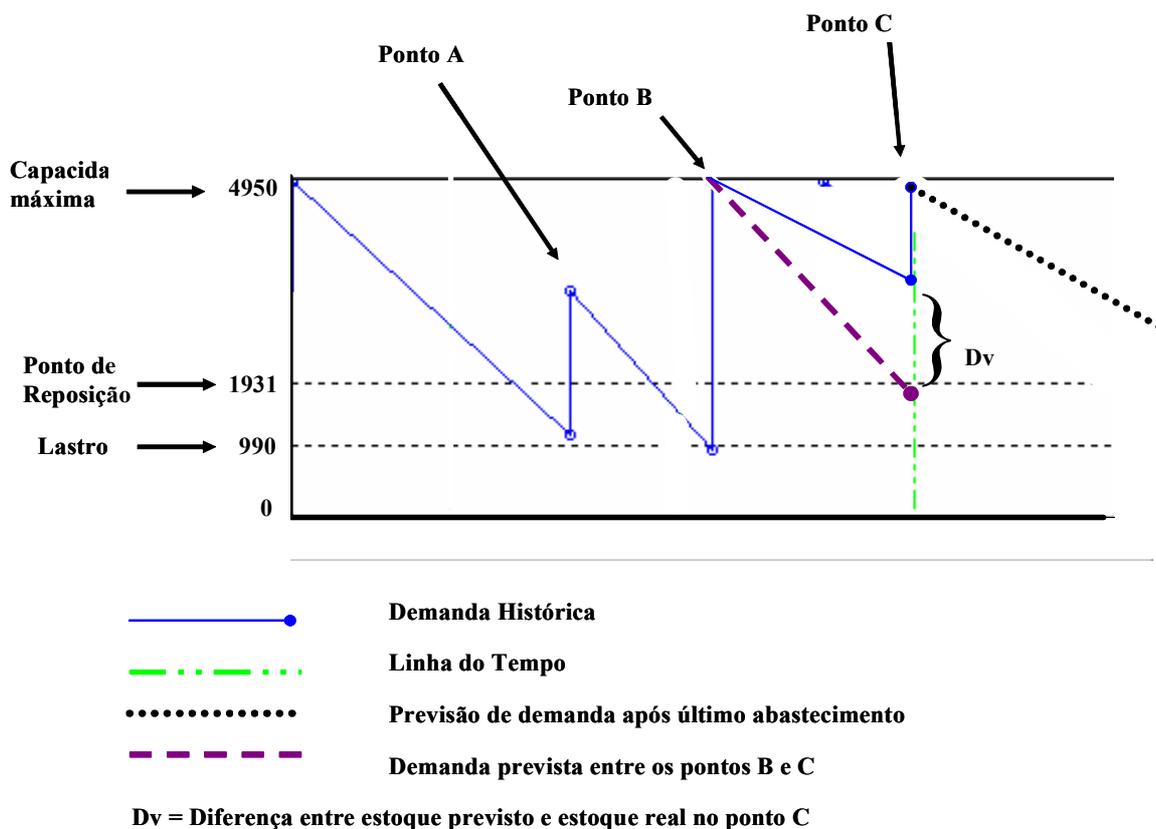


Figura 9: Gráfico de histórico e previsão de demanda para o cliente A

Observa-se neste gráfico que no Ponto C o sistema apontou o ponto de reposição no momento em que ainda existia um volume relativamente grande de produto no tanque, o que gerou uma descarga ineficiente, isto é, uma descarga de pouco volume em relação a capacidade total do tanque. No momento representado pelo Ponto C, a demanda havia sido um pouco menor do que a prevista e o estoque no tanque estava um pouco maior. Foi realizada uma entrega com volume menor que o previsto e considerado ideal. Esta diferença de volume está representada por  $D_v$  na figura 9.

Isto ocorria, pois conforme descrito anteriormente, o sistema que era utilizado realizava previsão de demanda baseada em toda a demanda histórica e tinha o estoque de segurança aumentando à medida que passavam os dias após a última entrega realizada. Caso a demanda do cliente caísse um pouco essa variação só seria considerada na previsão para o período seguinte. Neste caso a

previsão “conservadora” poderia levar a entrega de volume menor que o apontado na previsão, pois o tanque ainda estaria com volume maior do que o esperado. A demanda real ocorrida no período entre os pontos B e C foi menor do que a prevista gerando uma entrega de volume menor que o esperado no Ponto C.

Importante observar que a previsão de demanda após o ponto C já passou a sofrer influência da variação de demanda ocorrida entre os pontos B e C. Observa-se que a inclinação da linha de previsão à partir do Ponto C está mais próxima da inclinação da linha de demanda real entre os pontos B e C.

Realizar descargas de pouco volume podia gerar um número maior de viagens para o mesmo cliente e podia gerar também volume residual de produto no veículo, pois na maioria dos casos o programador de rotas não conseguia redirecionar o veículo para descarregar o volume que sobrou em algum outro cliente próximo.

Importante observar ainda que no ponto A a entrega ocorreu muito próximo ao lastro do tanque, já sendo utilizado o estoque de segurança e que esta entrega foi uma entrega de pouco volume, não sendo entregue o volume total que cabia no tanque. Este fato podia ocorrer por dois motivos: falha na programação que deixava de programar a entrega do cliente na data correta e acabava direcionando algum veículo que apresentasse volume residual para atender este cliente; escolha do programador quando conseguia montar rotas mais otimizadas caso esperasse mais para atender um cliente, mesmo que o veículo não tivesse capacidade para abastecer totalmente todos os clientes da rota. De qualquer forma ocorria uma entrega de pouco volume gerando as implicações descritas anteriormente.

A geração das viagens era feita diariamente em cada centro de distribuição. Eram verificados todos os clientes que estavam próximos do ponto de ressuprimento, os pedidos, os veículos disponíveis, suas capacidades e os mesmos eram combinados de modo a otimizar as rotas e percorrer a menor quilometragem possível. Quando um cliente era capaz de receber a carga completa de um veículo, o mesmo era considerado carga fechada.

Os programadores de rota estavam baseados nos centros de distribuição de líquidos. Existia um programador em cada centro de distribuição, sendo responsável pela programação de entregas para todos os clientes atendidos por aquele centro de distribuição. Todos os programadores trabalhavam em horário comercial.

As viagens eram programadas para qualquer hora do dia e muitas vezes os programadores eram contactados via celular fora de seu horário de trabalho para resolução de problemas / reprogramação de entregas.

Além da previsão de demanda para os clientes e da informação do ponto de reposição o sistema utilizado também fornecia uma sugestão de viagem para cada veículo, sugerindo rotas para cada um de acordo com a localização dos clientes e com os respectivos volumes a serem entregues.

O programador de rotas inseria estes clientes nas rotas que considerasse mais adequadas, respeitando as restrições de capacidade de cada veículo e tempo máximo de horas trabalhadas dos motoristas e utilizava seu conhecimento da região para tentar montar todas as rotas ordenando os clientes de forma a reduzir a quilometragem total que seria rodada. Não era usado nenhum tipo de *software* para roteirização e não era possível o programador ter certeza que estava montando as melhores rotas.

#### ***4.2 Indicadores de Desempenho***

A empresa utilizava os indicadores apresentados nas Tabelas 4 , 5 e 6 para medir o desempenho de sua operação de distribuição de líquidos.

A Tabela 4 apresenta os indicadores do Grupo I. É esperado que os indicadores deste grupo apresentem valores altos, isto é, o objetivo é atingir o valor estabelecido como meta e caso os valores sejam superiores, isto quer dizer que o indicador superou a meta. Para os indicadores deste grupo a empresa

considera como meta conservadora 95% do valor estabelecido como meta, portanto os indicadores com média igual ou maior que 95% do valor da meta são considerados aceitáveis.

Tabela 4: Indicadores de Desempenho Grupo I

Indicador de Desempenho	Objetivo	Meta
<u><i>Ton/Km</i></u> – Razão entre o volume total entregue e a distância total percorrida.	Medir a eficiência, pois a operação é tão mais eficiente quanto maior for o volume transportado pela distância percorrida.	
<u><i>Ton/Veículo</i></u> – Razão entre o volume total entregue e o número de veículos.	Medir a eficiência da operação e utilização dos ativos que são maiores quanto maior for o volume transportado por veículo.	
<u><i>Ton / Entrega</i></u> – Razão entre o volume total entregue e o número de entregas realizadas.	Medir a eficiência da operação, pois quanto maior o volume descarregado em cada visita ao cliente menor é o número de visitas e menores são os custos de frete.	
<u><i>% Entregas Automáticas</i></u> – Razão entre o número de entregas realizadas por programação automática e o número total de entregas	Medir a eficiência da operação, pois a realização de entregas não programadas em função de pedidos emergenciais de clientes pode reduzir a eficiência da operação, além de gerar aumento de custos.	

A Tabela 5 apresenta os indicadores do Grupo II. No caso destes indicadores a meta representa o valor máximo aceitável que pode ser atingido e o caso dos valores serem inferiores, quer dizer que o indicador superou a meta. Para os indicadores deste grupo a empresa considera como meta conservadora 105% do valor estabelecido como meta, logo indicadores com média até 105% do valor estabelecido como meta são considerados aceitáveis.

Tabela 5: Indicadores de Desempenho Grupo II

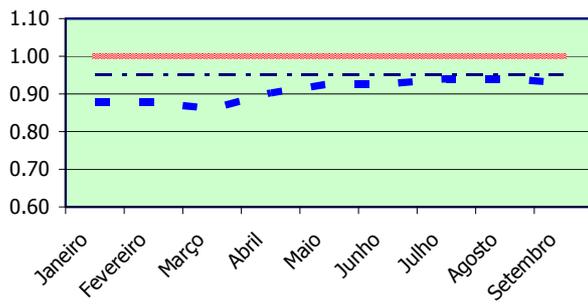
Indicador de Desempenho	Objetivo	Meta
<u><i>% Volume Residual</i></u> – Razão entre o volume que retorna após a viagem e o volume total carregado no veículo	Medir a eficiência da operação, pois a programação de entregas é realizada considerando que o volume total carregado nos veículos deve ser entregue.	
<u><i>RS/Km</i></u> – Razão entre o custo total de distribuição e a distância total percorrida	Medir os custos da operação.	
<u><i>RS/Ton</i></u> – Razão entre o custo total de distribuição e o volume total entregue.	Medir os custos da operação.	
<u><i>% Volume Transferido</i></u> – Razão entre o volume transferido entre CDLs e o volume total transportado	Medir a eficiência da operação, pois a transferência de volume entre unidades da empresa gera custos, mas não gera faturamento, devendo por isso ser evitada ao máximo na operação.	

A Tabela 6 apresenta o indicador do Grupo III que é o % de *Run-out* Clientes VMI. Para este indicador a meta é sempre zero, mas a empresa considera como meta conservadora 0,1% , logo se este indicador apresentar média igual ou abaixo deste valor é considerado dentro da meta.

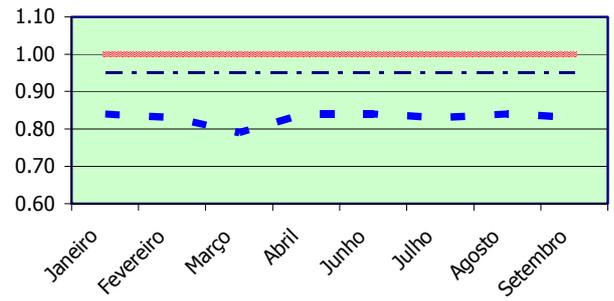
Tabela 6: Indicador de Desempenho Grupo III

Indicador de Desempenho	Objetivo	Meta
<u>% <i>Run-out</i> Clientes VMI</u> – Razão entre o número de tanques “zerados” e o número total de entregas realizadas para clientes VMI	Medir a confiabilidade da operação, pois os clientes são VMI e a empresa é responsável pela gestão de seu estoque e por garantir sua confiabilidade de abastecimento.	

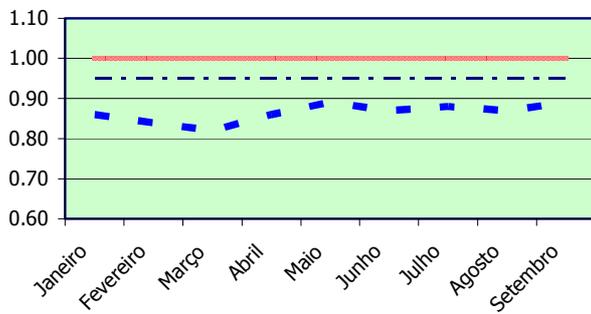
A seguir são apresentadas as comparações entre a meta (parametrizada em 1 para os Grupos I e II e 0 para o Grupo III) e os valores reais verificados na operação da Empresa de Gases Alfa para cada um destes indicadores apenas de janeiro a setembro de 2005, pois o novo sistema de abastecimento foi implementado em outubro de 2005. Todos os valores estão apresentados em números relativos em relação a meta estabelecida para garantir a confidencialidade dos dados da empresa. Por exemplo, um valor de 0,88 indica que o valor do indicador verificado na operação era 88 % do valor estabelecido como meta. Com o objetivo de facilitar a visualização dos indicadores em relação as metas, a Figura 10 apresenta gráficos com a evolução dos indicadores do Grupo I, a Figura 11 apresenta os resultados para o Grupo II e a Figura 12 para o Grupo III.



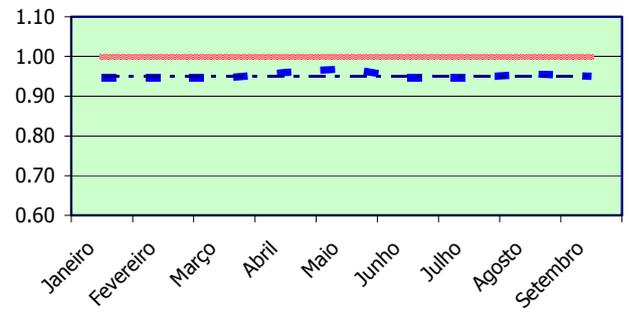
10a: Ton/Km



10b: Ton/Veículo



10c: Ton/Entrega



10d: % Entregas Automáticas

- - - 2005     
 — Meta     
 - . - Meta Aceitável

Figura 10 : Evolução dos indicadores de desempenho Grupo I no antigo sistema brasileiro

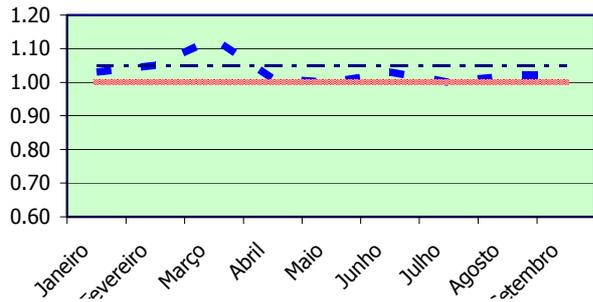


Figura 11a: % Volume Residual

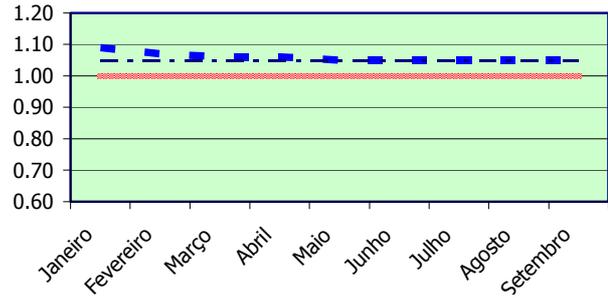


Figura 11b: R\$/Km

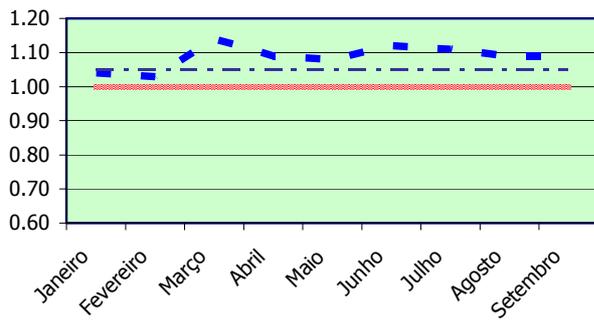


Figura 11c: R\$/Ton

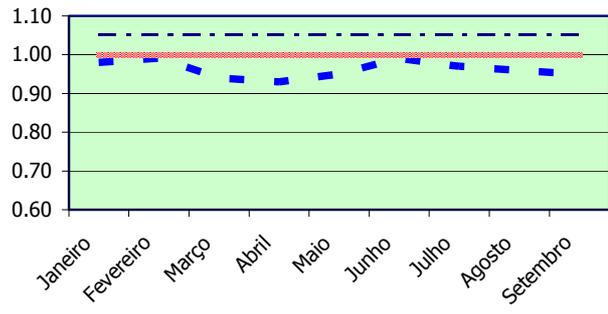
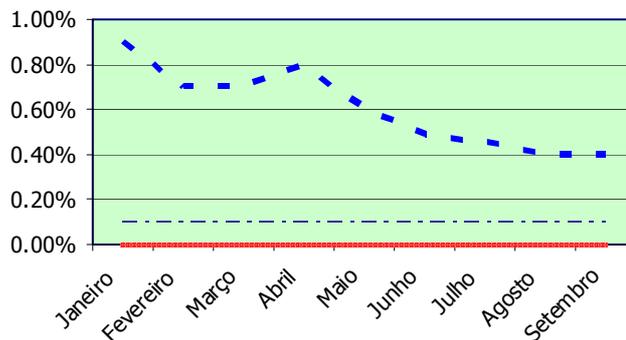


Figura 11d: % Volume Transferido

--- 2005      — Meta      - . - Meta Aceitável

Figura 11 : Evolução dos indicadores de desempenho Grupo II no antigo sistema brasileiro



--- 2005      — Meta      - . - Meta Aceitável

Figura 12: Evolução do indicador de desempenho Grupo III (% Run-out Clientes VMI) no antigo sistema brasileiro

#### 4.2.1 Análise dos Indicadores de Desempenho

Analisando os resultados da operação no período observado conclui-se que a maioria dos indicadores apresentou valores médios longe das metas estipuladas aceitáveis para este período. Vale ressaltar que foram calculados a média e o desvio-padrão para cada indicador considerando o período de janeiro a setembro de 2005 que foi o período anterior a adoção do novo sistema.

Os indicadores Ton/Km e Ton/Veículo não atingiram a meta em nenhum momento no período observado e a média destes indicadores considerando todo o período foi de 91% do valor da meta para o primeiro indicador e de 83% do valor da meta para o segundo. A falta de um sistema de roteirização pode ser apontado como fator contribuinte para reduzir o Ton/Km, pois era difícil o programador otimizar as viagens de forma a reduzir a quilometragem total rodada. A otimização das viagens era realizada de acordo com o conhecimento que o programador possuía a respeito da região. Este fato explica os valores mais baixos para este indicador nos meses de janeiro a abril quando muitos programadores estavam em período de férias e a programação foi realizada por programadores de outros centros de distribuição que não possuíam o mesmo conhecimento da região. A falta de informação em tempo real também era um fator que influenciava negativamente estes dois indicadores, principalmente o indicador Ton/Veículo, pois impedia que o programador incluísse novo cliente na rota, caso tivesse sobrado produto no veículo por ter realizado entrega de volume menor que o previsto nos clientes programados na rota. Este fato contribuía para a redução destes dois indicadores, pois reduzia o volume total entregue fazendo com que o veículo retornasse com volume residual de produto.

O indicador Ton/Entrega não atingiu a meta em nenhum momento no período analisado e observa-se sua média ficou em 86% do valor da meta. Conforme descrito anteriormente no sistema adotado pela Empresa de Gases Alfa o estoque de segurança aumentava à medida que os dias se passavam após o último abastecimento (Fórmula 16) e o ponto de reposição era o momento que a previsão de demanda e o estoque de segurança se encontravam (Figura 8). Desta forma este sistema algumas vezes previa entregas no momento que o tanque ainda estava com 40 a 50 % de produto, reduzindo assim o volume de cada entrega.

O indicador % de Entregas Automáticas também não atingiu a meta em nenhum momento do período observado, mas sua média ficou em 95% do valor da meta. Visto que os clientes eram VMI todas as entregas deveriam ser feitas de forma automática, isto é, sem o cliente solicitar. Porém, em alguns casos o cliente apresentava um grande pico de consumo e acabava solicitando produto através de um pedido, pois sabia que o modelo de previsão não seria capaz de perceber essa variação de forma imediata e antecipar sua entrega. Na maioria dos casos o cliente realizava o pedido no momento em que já estava quase sem produto fazendo com que a entrega tivesse que ser feita no menor tempo possível considerando sua distância em relação ao centro de distribuição mais próximo. Vale ressaltar que isso só ocorria quando o consumo realmente aumentava de forma considerável, pois conforme dito anteriormente o sistema calculava um estoque de segurança capaz de evitar falta de produto em pequenos picos de demanda.

No caso do indicador % de Volume Residual observa-se que a média ficou em 103% do valor da meta. Este resultado é considerado dentro da meta para os indicadores do Grupo II conforme dito anteriormente, porém a falta de informação em tempo real era o principal fator que contribuía para que este indicador não apresentasse resultados melhores.

Os indicadores de R\$/Km e R\$/Ton também pertencem ao Grupo II e observa-se que os dois indicadores apresentaram médias fora da meta, isto é, acima do valor considerado como aceitável. As médias destes indicadores foram de 106% e 109% do valor esperado como meta respectivamente. Os valores altos destes dois indicadores podem ser explicados pelos mesmos fatores que explicam os valores baixos dos indicadores Ton/Km e Ton/Veículo: falta de um sistema de roteirização que permitiria redução na quilometragem total percorrida e falta de informações em tempo real que permitiria aumento de volume total entregue.

O indicador % de Volume Transferido também pertence ao Grupo II e sua média foi de 96% do valor esperado como meta e este foi o único indicador que permaneceu dentro da meta durante todo o período observado. Vale ressaltar que este indicador não é diretamente influenciado pelo sistema de previsão de demanda e programação de entregas adotado e apresentou valores baixos

refletindo que neste período não ocorreram paradas de fábricas nem picos de demanda em determinadas regiões que são os dois fatores que determinam transferência de produto.

O indicador de desempenho % de *Run-out* clientes VMI é um indicador muito importante para a Empresa de Gases Alfa e seu valor esperado para meta é sempre zero. A empresa considera uma falha muito grave deixar um tanque de um cliente totalmente sem produto, visto que os clientes são VMI e a empresa é responsável pela gestão de seu estoque e por garantir sua confiabilidade de abastecimento. Neste caso a meta era sempre zero por isso o gráfico apresenta os valores reais do indicador e não valores relativos a meta como nos demais indicadores. Observa-se que a média ficou em 0,6 %, considerada fora da meta pela empresa, já que apenas médias até 0,1% são aceitas como dentro da meta conforme descrito anteriormente. Os *Run-outs* ocorriam basicamente por dois motivos: falha do programador que deixava de programar o cliente no momento que o sistema indicava e um grande pico de consumo do cliente que o sistema de previsão era incapaz de detectar. O desvio-padrão deste indicador é bastante alto em relação a sua média (30%) caracterizando que houve grande variação no período. De fato houve uma melhoria neste indicador ao longo do período analisado em função de treinamentos realizados com os programadores com o objetivo de conscientizá-los da importância de seu trabalho de programação e da gravidade de gerar um *run-out* para um cliente.