

# **ANÁLISE DO PLANEJAMENTO DO ABASTECIMENTO DA CADEIA DE PETRÓLEO NO BRASIL**

**Aluno: Paula Mauricio Nunes**

**Orientador: Leonardo Junqueira Lustosa**

## **Introdução**

A programação do abastecimento de Petróleo, Gás e Bicomcombustíveis é atividade central no planejamento tático da cadeia de petróleo. Neste planejamento são tomadas decisões como a compra e venda de petróleos e derivados, a programação da logística nacional e de todas as refinarias e o atendimento aos mercados consumidores de combustíveis. Existe uma grande variedade de modelos e algoritmos de otimização para a resolução desses problemas que são úteis, porém, na maioria das vezes, de difícil visualização e entendimento.

O êxito de uma aplicação real de metodologia de modelagem está intrinsecamente relacionado à interpretação de resultados por parte do usuário [1]. Para que seja possível contornar essa dificuldade, faz-se necessário uma interface para o modelo que possibilite a manipulação e interpretação eficaz do sistema, sem requerer profundos conhecimentos no que tange ao equacionamento matemático ou a lógica de programação computacional. Esta questão já foi levantada por Gazmuri et al. (1997), que destacam que a representação do problema empregada pelos analistas de PO não é natural para o usuário, pois normalmente é baseada numa linguagem matemática, demasiadamente técnica.

O esquema de representação é um ponto chave para o sucesso de um sistema de modelagem. A formulação de modelos passa pela transformação dos objetos do problema real para os objetos simbólicos (habitualmente matemáticos). Normalmente existe uma dicotomia entre a forma de representação do usuário final, que freqüentemente visualiza seu problema em termos de ícones e esquemas de fluxos, e a representação do analista de PO, que descreve o modelo em termos algébricos. Shneiderman (1987) ressalta que uma boa representação deve ajudar aos usuários a visualizar o mundo real em termos concretos e desta maneira facilitar a concepção de modelos corretos.

Assim, o sistema desenvolvido (VisLog) tem como principal objetivo fornecer uma visualização de toda a malha de abastecimento, considerando todas as variáveis envolvidas de forma agregada, assegurando o entendimento da logística e dos resultados do sistema como um todo. Isso irá possibilitar, entre outras coisas, visualizar os níveis de produção e escoamento de cada localidade, identificar necessidades de ampliação de infra-estrutura, avaliar os cenários em estudo, mapear as instalações ineficientes ou restritivas e identificar possíveis erros do sistema.

## **Objetivo**

Desenvolver ferramentas para apoiar o processo decisório da programação do abastecimento. Para isto, foi desenvolvido um sistema de interface gráfica para visualização da logística nacional e internacional, assim como os esquemas de refino e dutos do abastecimento brasileiro. Esta interface abarca desde a logística das refinarias brasileiras até fluxos de petróleo, gás e bicomcombustíveis nacionais comercializado com o exterior.

Com o uso de redes hierárquicas, o usuário pode visualizar a rede agregada de logística e de comercialização mas também tem a possibilidades de representar os fluxos detalhados de certas partes desta rede.

## **Descrição do modelo**

Desde a década de 60 vêm sendo desenvolvidos modelos e sistemas para a otimização e planejamento das atividades de refino e da logística de petróleo, gás e derivados. A

PETROBRAS possui diversos exemplos de aplicações bem sucedidas para o planejamento e otimização de processos baseados em programação matemática, dentro os quais se destaca o Sistema do Planejamento do Abastecimento (PLANAB), que fornece as diretrizes básicas de operação da área do Abastecimento da Petrobras.

O sistema PLANAB é baseado em um modelo de programação linear, para a otimização global da aquisição e obtenção de matérias-primas, e da produção, comercialização e transporte de derivados. Foi desenvolvido pelo setor de Pesquisa Operacional da área de Tecnologia de Informação da Petrobras, numa plataforma baseada no Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Access. Os resultados otimizados do modelo são indicativos para a elaboração da programação corporativa, ou seja, a alocação de petróleos para as refinarias, níveis de cargas das unidades de refino, evolução dos níveis de estoques, etc (Duarte, 2002).

O sistema em questão modela desde o que, e quando, cada refinaria deverá produzir, até qual será a quantidade destinada pra cada localidade de consumo e, como e quando, esses produtos serão transportados. O objetivo é encontrar a distribuição ótima dos fluxos, de modo a maximizar uma determinada função. No caso, o PLANAB visa minimização de custos e maximização de receitas.

Apesar da importância capital do sistema PLANAB nas áreas de Abastecimento, Comercialização e Transporte da Petrobras, a ampla disseminação de seus resultados é limitada pela forma de representação dos seus resultados. Estes resultados são dispostos em forma de relatórios ou em planilhas eletrônicas, mas não existe ferramenta no sistema que possibilite a visualização em forma de diagramas de logística, esquemas de refino ou dutoviários, que são mais próximos a forma de representação dos tomadores de decisão.

As informações mais importantes que podem ser retiradas delas são:

- A quantidade importado e exportado de cada produto e sua distribuição no Brasil.
- A forma como o sistema de dutos está operando, paradas, fluxo e produtos
- Rede de fluxo dos petróleos e derivados
- Balanço dos produtos em cada uma das refinarias.
- Utilização das unidades de cada uma das refinarias, com carga e retirada assim como valor marginal, paradas programadas e saturação.

### **A interface gráfica**

Uma vez compreendida a lógica de funcionamento do PLANAB, iniciou-se o processo de desenvolvimento da interface gráfica para o mesmo. O objetivo do desenvolvimento de tal interface consiste na busca pela maior proximidade entre o usuário final e o sistema em si de forma a maximizar os benefícios obtidos com a utilização do sistema e facilitar o entendimento dos resultados.

Para o desenvolvimento da interface do modelo, optou-se pelo software Microsoft Visio®, cuja aplicação se reporta basicamente à construção de diagramas aplicados as mais diversas áreas, tais como: projetos de arquitetura, esquemas de produção, fluxogramas, esquemas de circuitos elétricos, redes, entre muitos outros. Tal versatilidade é obtida pelo fato de o Visio já conter em si bibliotecas (estênceis) de objetos pré-definidos para as mais diversas aplicações, cabendo ao usuário somente organizá-los da forma que lhe convir. Concomitante a isto, o programa permite também que o usuário/desenvolvedor crie a sua própria biblioteca com as formas e propriedades que melhor atenderem suas necessidades.

O desenho é utilizado para visualização de resultados da otimização do sistema. O uso do componente gráfico agrega ainda mais valor à ferramenta, pois permite verificar visualmente a integridade da malha e facilita a análise dos resultados.

A interface desenvolvida possui como principal finalidade a análise dos dados de saída do modelo. Para construção dos modelos primeiramente foi necessária uma análise

aprofundada de todo o sistema logístico do abastecimento nacional, assim como as melhores formas de representação dos dados. Foram então desenvolvidos quatro módulos separados representando diferentes graus de agregação existentes nesse sistema.

O primeiro módulo, e também o mais agregado, considera apenas as importações e exportações do Brasil com macro-regiões do mundo, assim como o fluxo entre as regiões do Brasil. O segundo é uma desagregação do primeiro e separa as macro-regiões em países e o Brasil é dividido em estados. O terceiro representa a logística apenas dos dutos. E o quarto representa as refinarias, mostrando a carga e retirada de cada uma das unidades assim como a degradação dos produtos.

Para desenvolvimento do sistema e obtenção dos resultados foram criadas diversas rotinas de programação em Visual Basic e SQL. A idéia chave por trás deste conceito de visualização através de esquemas gráficos é fornecer ao usuário final a possibilidade de entender como estão estruturados os dados do modelo de forma direta e objetiva. Tal possibilidade torna o processo de entendimento do banco de dados mais eficiente e menos suscetível a erros. Assim resultados que podem fazer sentido no modelo matemático, mas não tem correspondência no mundo real, são facilmente identificados. Outra funcionalidade é conseguir explicar o porquê do modelo ter escolhido uma configuração invés de outra que, a princípio, poderia parecer mais razoável e simples.

Para facilitar a navegação nos módulos e melhorar a interação usuário-sistema foram criados menus específicos para cada um deles. Esses menus resguardam as principais funções de interesse, pois são elas que permitem a visualização de diferentes aspectos dos resultados propostos pelo modelo permitindo ao usuário navegar em um horizonte de tempo e ver diferentes tipos de produtos.

Para a logística do Brasil com o mundo, o sistema possibilita a navegação entre as formas de transporte utilizadas. Sua visualização esquemática apresenta informações quanto à distribuição e proporção de fluxos, além de detalhar especificamente origem e destino de cada produto.

Para os dutos a visualização esquemática apresenta alguns dados do modelo tais como: utilização, fluxo, capacidade máxima e mínima, vazão inversa e direta, dias de parada, entre diversas outras. Assim é possível analisar dutos sobrecarregados que precisaram de um método alternativo de transporte indicando também a necessidade de expansão.

Para as refinarias o sistema possui também a opção de navegação entre refinarias para, assim, ser possível comparar o funcionamento de cada uma delas. Na visualização é possível observar a saturação, períodos de parada e carga e retirada de cada unidade. Dessa forma é facilmente visto unidades subutilizadas assim como as que necessitam de investimentos para aumentar sua capacidade. Outra funcionalidade é observar a degradação de cada um dos produtos e a configuração de um produto, se ele foi produzido por unidades ou apenas degradou de outro produto e aonde ele será utilizado para venda, geração de outro produto ou irá se degradar.

As rotinas em Visual Basic e SQL permitem que o usuário consulte as tabelas de saída do modelo e ajuste o esquema de acordo com os dados contidos na mesma, fazendo as validações necessárias no momento de criação do esquema.

### **Arquitetura da interface**

Basicamente todo o código de programação existente no sistema se encontra encapsulado em módulos externos. A opção por essa arquitetura visa o favorecimento de eventuais manutenções no sistema, dada a características de replicação cenário a cenário e a previsão de que uma grande quantidade destes será gerada durante a utilização da interface. Desta forma, fica evidente o quão inviável seria se as linhas de código residissem localmente em cada arquivo referente a cada cenário, uma vez que qualquer alteração realizada no

sistema teria que ser, necessariamente, replicada para todos os cenários existentes, trabalho este que demandaria uma grande quantidade de tempo. Se no futuro for detectada alguma necessidade de alteração no código, basta que o código seja alterado nos elementos externos e necessariamente, tais mudanças serão automaticamente replicadas para todos os cenários já gerados, dado que todos eles referenciam a mesma coleção de objetos.

Para facilitar modificações existentes na malha, os módulos em Visio também ficam localizados no servidor, isso garante que todos os usuários terão acesso à mesma malha, garantindo a padronização.

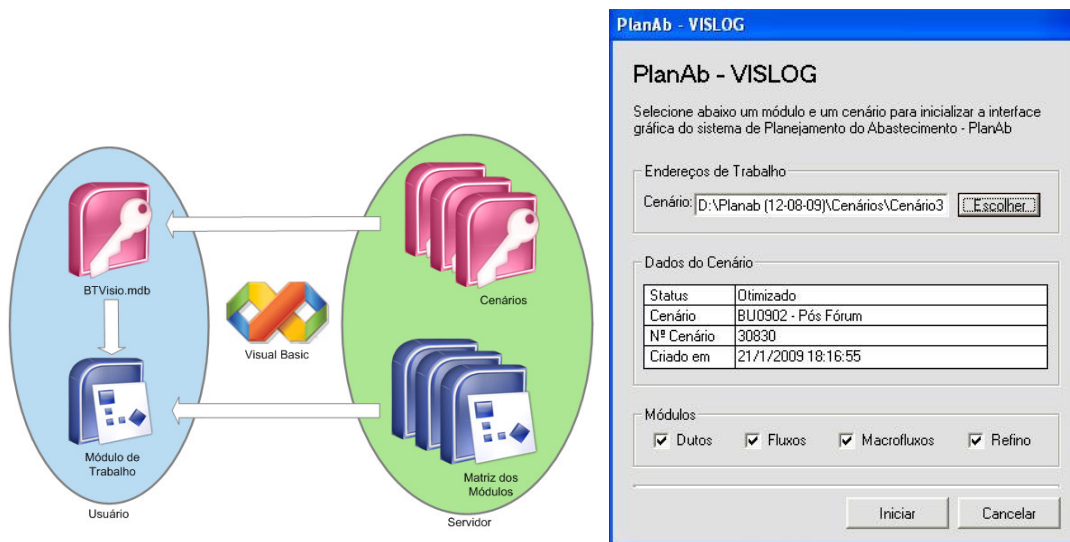


Figura 1. Arquitetura e tela inicial do sistema

As bibliotecas de rotinas de programação foram encapsuladas em módulos externos (DLLs). A opção por essa arquitetura visa o favorecimento de eventuais manutenções no sistema, dada a características de replicação cenário a cenário e a previsão de que uma grande quantidade destes será gerada durante a utilização do sistema. Algumas dessas bibliotecas estão detalhadas abaixo:

a) Bibliotecas de objetos gráficos para a representação dos grafos associados ao PLANAB. Para o desenvolvimento destas bibliotecas foi adotado o software Microsoft Visio®, muito utilizado para a construção de diagramas para as mais diversas áreas, tais como: projetos de arquitetura, esquemas de produção, fluxogramas, esquemas de circuitos elétricos, redes, entre muitos outros. Foram desenvolvidas três bibliotecas de objetos: biblioteca para a rede logística e de comercialização de petróleo e derivados; biblioteca para esquemas de refinarias e degradações; biblioteca de diagramas de dutos.

b) Bibliotecas de rotinas de programação para a exibição gráfica dos resultados obtidos pelos modelos de programação matemática. Estas bibliotecas foram desenvolvidas na linguagem Visual Net e encapsuladas dentro de DLL's. As bibliotecas conecta o sistema gráfico ao SGBD Microsoft Access® e permite a visualização esquemática de alguns aspectos das soluções propostas pelo modelo tais como: fluxos nos dutos, produção e utilização das unidades, representação esquemática de um processo ou unidades em dado período de tempo, entre outras.

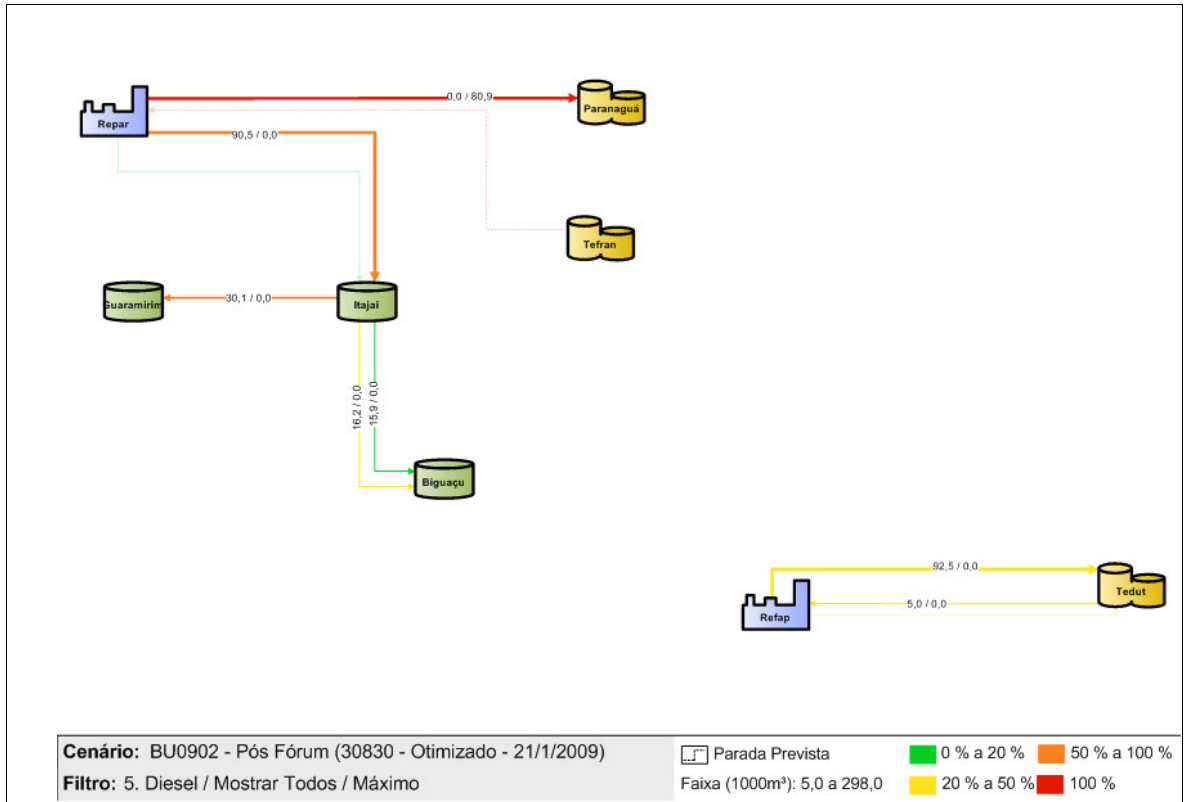


Figura 2. Esquema dos Dutos

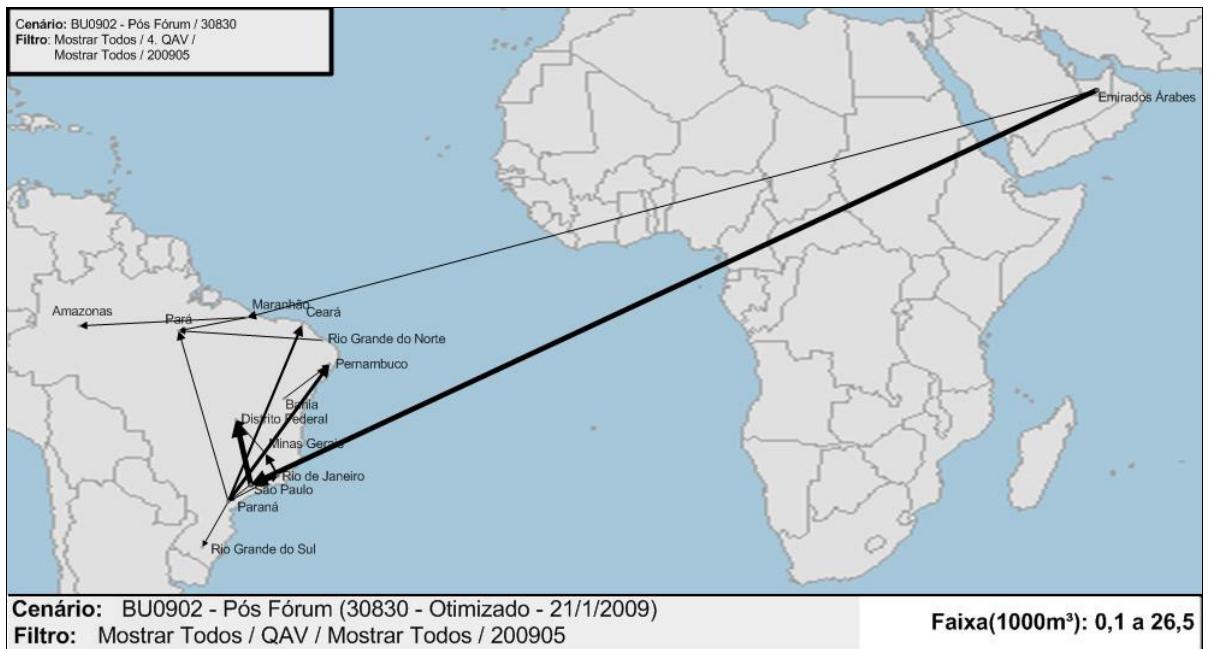


Figura 3. Esquema dos Fluxos

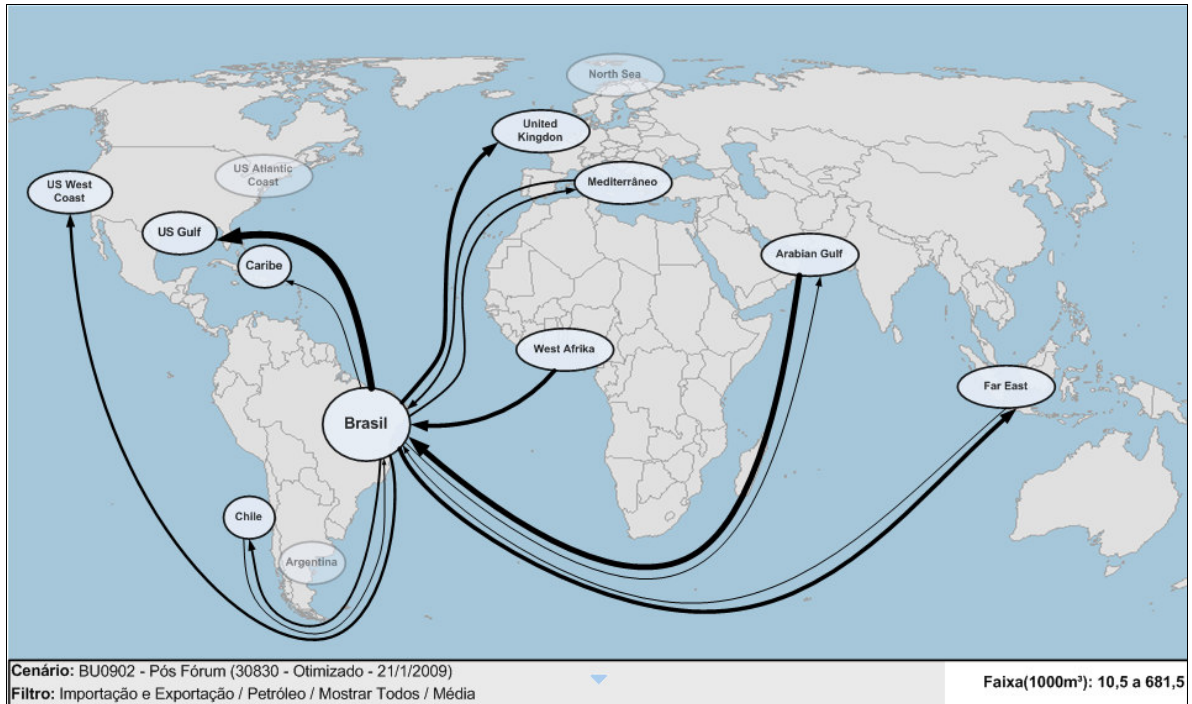


Figura 4. Esquema dos Macrofluxos

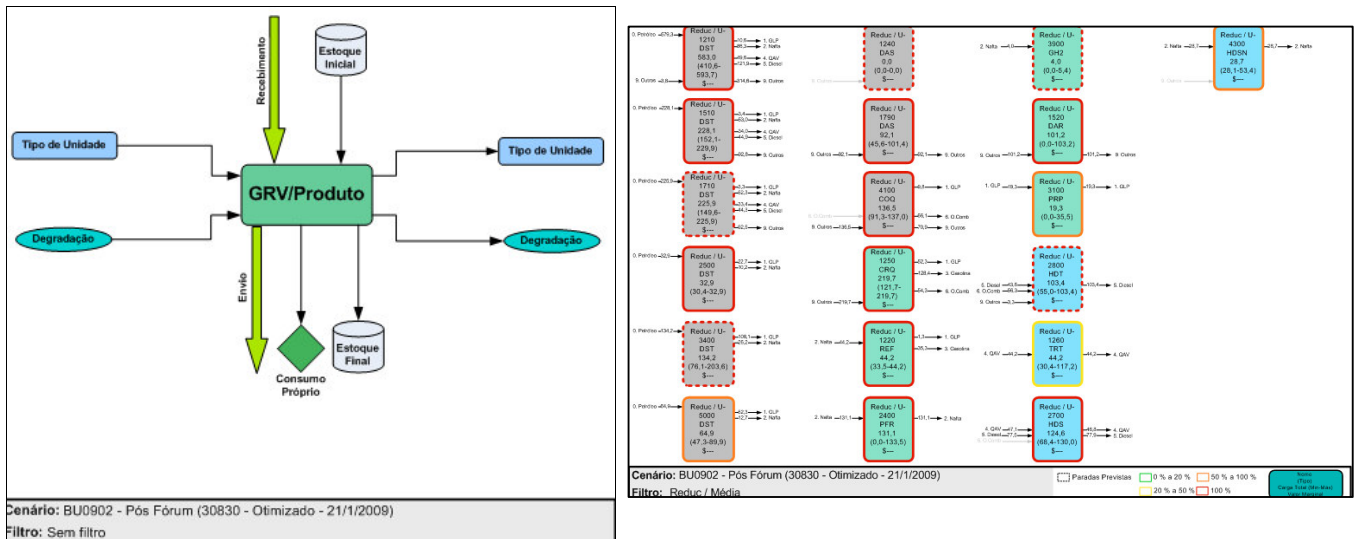


Figura 5. Esquema das refinarias: degradações e unidades

c) Sistema de Formulários para visualização das tabelas de dados e de resultados do PLANAB. Algumas informações do sistema PLANAB não são diretamente associadas aos objetos do diagrama, foi então necessário o desenvolvimento de formulários integrados ao sistema gráfico para a visualização e manipulação destas informações. Para isso utilizou-se programação em Visual Net.

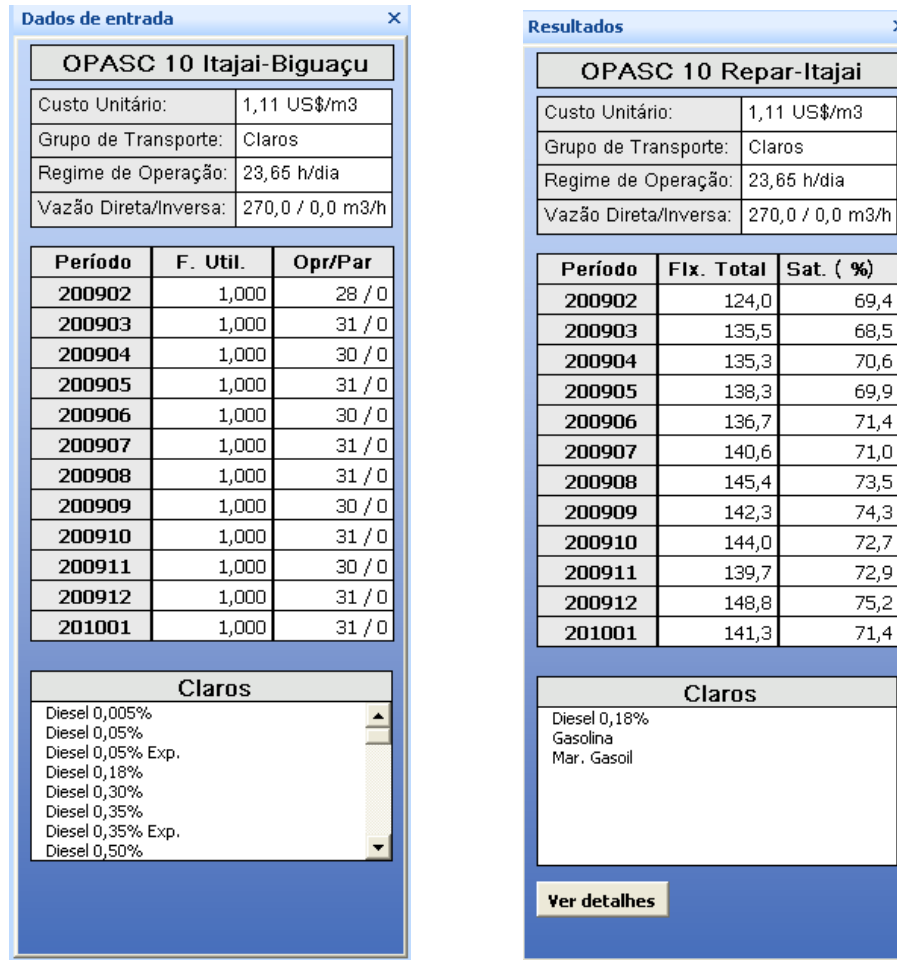


Figura 6. Dados do Dutos

**Emirados Árabes - São Paulo**

Origem	Destino	Modal	Grupo	Produto	Período	Fluxo(1000rr)
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200905	25,2
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200906	7,8
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200908	22,7
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200909	20,7
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200910	26,6
Ruwais	Tebar	marítimo	4. QAV	Qav	200911	29,9

Figura 7. Formulários de discriminação de fluxos

Refinaria	GRV	Produto	Fluxo(1000m)
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	12,8
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	2,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,9
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,6
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,4
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,1
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,50%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 1%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0
Reduc	diesel final	Diesel 0,35%	0,0

Grupo	Produto	Carga/Retirada	Valor(1000m)
0. Petróleo	Arabe Leve	C	151,0
0. Petróleo	Basrah Leve	C	65,0
0. Petróleo	Medanito	C	0,0
0. Petróleo	RGN Mistura	C	9,9
0. Petróleo	Urals	C	0,0
1. GLP	G.l.p	R	3,3
2. Nafta	NL(69)	R	1,8
2. Nafta	NL(81)	R	50,5
4. QAV	Q(0,05/41)	R	1,0
4. QAV	Q(0,35/54)	R	32,4
5. Diesel	D(0,15/51)	R	1,4
5. Diesel	D(1,50/51)	R	30,4
5. Diesel	D(1,50/56)	R	11,5
5. Diesel	DI(0,15/51)	R	0,0
5. Diesel	DI(1,50/56)	R	1,0
9. Outros	Gasoleo Ate	R	3,8
9. Outros	Gasoleo Bte	R	0,2
9. Outros	Go Lub AI	R	25,8
9. Outros	Go Lub BI	R	10,8
9. Outros	Go Lub RGN	R	2,8
9. Outros	RV do Arabe Leve	R	30,5
9. Outros	RV do Basrah Leve	R	16,0

Figura 8. Formulários de detalhamento de Degradação e Produção das Refinarias

d) Bibliotecas de rotinas de programação para manipulação de informações multi-dimensionais. Uma característica importante do sistema PLANAB é a presença de dados multi-dimensionais associados aos elementos do sistema. Exemplo destas dimensões são períodos ou campanhas de refino. Foram propostas rotinas para manipulação destas dimensões, através de sistemas de seleção e filtragem de informação, permitindo assim ao tomador de decisão escolher e visualizar as informações adequadas. Um exemplo da aplicação destas rotinas seria no esquema de refino. Neste caso, seria possível visualizar os dados de todos os períodos ou de um período particular, das campanhas ou mesmo de classes de produtos (por exemplo, o produto diesel agregado ou as várias especificações de diesel presentes no modelo).

### Gestão dos esquemas

Antes de importar os dados referentes ao resultado do otimizador o sistema de interface realiza uma série de validações estruturais sobre a malha. Essa pré-validação evita que malhas estruturalmente inviáveis sejam representadas pela interface. Entende-se por validação estrutural a verificação quanto à ancoragem correta das ligações e a entradas de dados fundamentais, tais como nomes, datas da operação ou produto. Esta primeira validação é feita exclusivamente via código antes de qualquer importação, dado que tais erros comprometeriam a análise do esquema representado.

A interface utiliza um banco de dados para importar os dados do cenário analisado. Chamado de BTVisio no sistema, o banco consiste na via de comunicação da interface com o sistema de otimização. Tal comunicação se dá através de vínculos criados neste banco que apontam para o banco do cenário em questão. Este direcionamento dos vínculos é gerenciado externamente, atualizando-os quando um determinado cenário é escolhido. Além disso, residem neste banco as tabelas auxiliares criadas para a execução de diversos procedimentos no que concerne a utilização da interface gráfica.

### Conclusões

Dentre todos os aspectos a serem considerados durante o desenvolvimento de um sistema de interface, existem aqueles que merecem especial relevância no que tange as dificuldades encontradas para aprendizado dos diferentes softwares. Focado neste aspecto,

procurou-se criar uma ferramenta que agrupasse a facilidade de utilização, através da incorporação de softwares de grande difusão no mercado e que, em um grau satisfatório, fossem capaz de se integrar as informações relevantes da otimização com a visualização pelo usuário.

O sistema desenvolvido se encontra, hoje, em sua versão plenamente funcional, sendo, portanto capaz de representar toda a logística nacional e internacional dos fluxos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis brasileiros. Uma outra vantagem é que o sistema tem a flexibilidade de mostrar diversos cenários de forma a comparar diferenças entre os mesmos.

Como perspectivas futuras, no âmbito da interface propriamente dita, existem diversas possibilidades de implementações a serem consideradas, de forma que a comunicação entre o modelo e o usuário fique cada vez mais fácil e com maior riqueza de informações e elas sejam cada vez menos agregadas. Assim podem ser desenvolvidos novos módulos, que envolvam outros modais e que permitam uma visão mais detalhada da logística do abastecimento de Petróleo, Gás e Biocombustíveis.

### **Referências**

- [1] IACHAN, Roberto; HAMACHER, Silvio; FONSECA, Osiris. O Sistema de Planejamento Operacional do Abastecimento Na Petrobras. In: VIII CLAIO (CONGRESSO LATINO IBERO-AMERICANO DE INVESTIGATION OPERATIVA), 1996, Rio de Janeiro. Proceedings of the VIII CLAIO. 1996.
- [2] JONES, Christopher. Visualization an Optimization. In: ORSA Journal on Computing 6, 1994.
- [3] HAMACHER, Silvio; RIBAS, Gabriela; OLIVEIRA, Fabrício. Um Modelo para o Planejamento Estratégico da Cadeia de Petróleo. In: XL SBPO – Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba.