

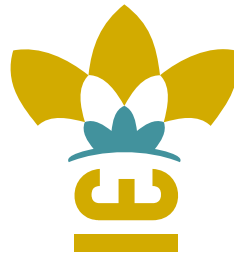
SPCO: Um sistema de previsão para consumo de combustíveis

Reinaldo Castro Souza, PhD.

Mônica Barros, D.Sc.

Alexandre Zanini, D.Sc.

Junho de 2006

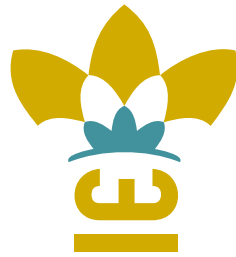


Quem sou eu?

■ Mônica Barros

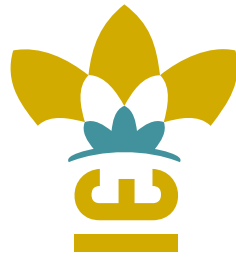


- Doutora em Séries Temporais – PUC-Rio
- Mestre em Estatística – University of Texas at Austin, EUA
- Bacharel em Matemática – University of Washington, Seattle, EUA
- Professora da PUC-Rio (Depto. de Eng. Elétrica) e Pesquisadora do IE-PUC
- e-mails: monica@ele.puc-rio.br,
monica@mbarros.com
- Home page: <http://www.mbarros.com>



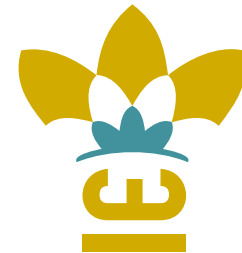
O IEPUC

- **Unidade** interdisciplinar da PUC-Rio, que objetiva **colaborar com a condução de** programas de ensino e pesquisa **para o** setor de energia.
- **Contribuir para a** geração de novos conhecimentos e a **integração das componentes tecnológicas, gerenciais, econômicas, sociais, ambientais e regulatórias.**



O IEPUC

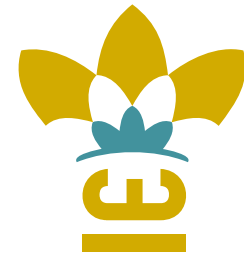
- Mais de 60 pesquisadores, a maioria com doutorado
- Laboratórios associados
 - NEC – Núcleo de Estatística Computacional
 - LEV – Energia e Engenharia Veicular
 - LRA – Refrigeração e Aquecimento
 - NIME – Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente
 - ICA – Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada

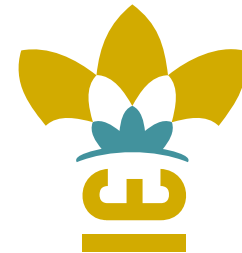


O IEPUC

- **Conduzido por um Comitê Executivo; gestão administrativa e financeira com o suporte das estruturas do ITUC - Instituto Tecnológico da PUC-Rio e da FPLF – Fundação Padre Leonel Franca**
- **Sediado nas instalações do ITUC, com uma área equivalente a 400 m²**
- **Somam-se ainda Departamentos que compõem a base do programa interdisciplinar do IEPUC:**
 - **Engenharias: Civil, Elétrica, Industrial, Mecânica e de Materiais; Artes & Design; Economia; Física; Geografia; Informática; Matemática; Química.**

O IEPUC

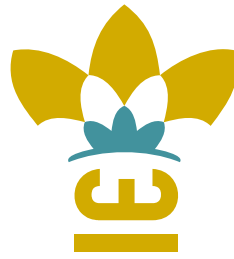




CLIENTES - IEPUC

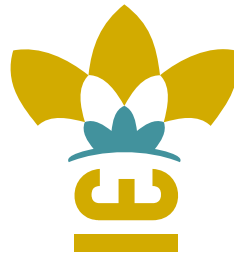
- ELETROBRAS
- PETROBRAS
- El Paso
- UTE Norte Fluminense
- UTE Termo Norte
- Brasympe Energia
- CEPEL
- ONS
- ANEEL
- ANP
- AMPLA
- LIGHT
- NeoEnergia
- MPX
- PROCEL / ELETROBRAS
- Empresa de Pesquisa Energética
– EPE
- ELEKTRO
- ELETROPAULO
- Furnas

Consultoria e Treinamento em Estatística e Previsão



- **Empresas fora do setor de energia**
 - Telemar
 - Rede Globo
 - Michelin
 - Cartão Unibanco
 - Coca Cola
 - Brahma
 - Fleishmann-Royal
 - Unilever
 - Editora Globo
 - CVRD
 - AC Nielsen
 - Petros – Fundação Petrobras de Seguridade Social
 - H. Stern

Consultoria e Treinamento em Estatística e Previsão



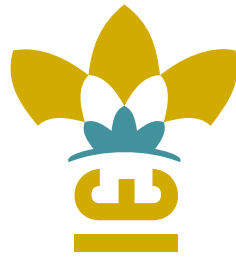
■ Treinamentos

■ Estatística

■ Previsão – cursos de 3, 4 ou 5 dias utilizando softwares específicos, particularmente o FPW

■ Gerenciamento de Risco Financeiro

■ Gerenciamento de Risco no Setor Elétrico e estratégias de atuação em leilões



Conteúdo

- Mercado de Energia Brasileiro
- Séries de Consumo de Combustíveis
- Sistema SPCO – Breve descrição
- Demonstração 1 – modelos univariados
- Demonstração 2 – modelos causais

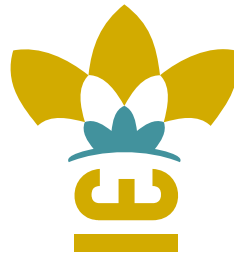


Mercado de Energia Brasileiro

- **Estabilização econômica a partir de meados de 1994.**

- **Privatização de serviços públicos na década de 90 – telecomunicações, eletricidade, saneamento, mercado de combustíveis.**

- **Agências Reguladoras:**
 - **ANEEL (Eletricidade)**
 - **ANATEL (Telecomunicações)**
 - **ANA (Água)**
 - **ANP (Combustíveis)**



Mercado de Energia Brasileiro

■ Conseqüências

- Mercados competitivos.
- Necessidade de tomada de decisões sob incerteza.
- Previsões de demanda e preços bem ajustados passam a ser essenciais.



**SISTEMA DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA
NOVE TIPOS DE COMBUSTÍVEIS
CLIENTE: ANP**

Séries de Consumo de Combustíveis

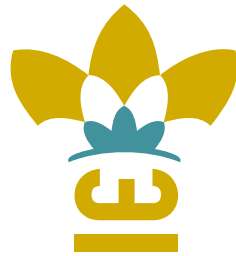


■ Dados disponíveis

■ Consumos mensais (a partir de Jan/1990) de 9 tipos de combustíveis:

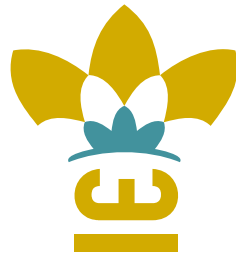
- gasolina,
- óleo diesel,
- gás liquefeito de petróleo (GLP),
- querosene de aviação,
- óleo combustível,
- álcool,
- querosene,
- gasolina de aviação,
- gás natural.

Séries de Consumo de Combustíveis



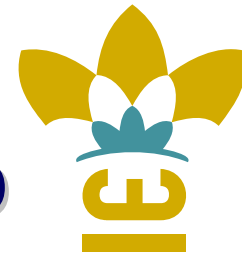
- **Dados de consumo anual dos 9 derivados disponíveis desde 1970 (exceto gás natural, cuja série começa em 1995).**
- **Variáveis explicativas disponíveis a partir de 1970: PIB, taxa de câmbio, crescimento populacional, frota de veículos, índices econômicos.**

Séries de Consumo de Combustíveis



- Séries de consumos mensais disponíveis para cada um dos combustíveis em aproximadamente 5500 municípios brasileiros, num total de quase 50 mil séries temporais!
- Conseqüentemente, os dados mensais também estão disponíveis de forma agregada, por exemplo, nos 27 estados e 5 regiões geográficas.

Sistema SPCO – Breve descrição



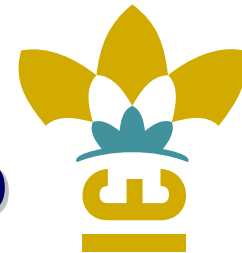
■ Modelos Univariados

- Aplicáveis apenas às séries de consumos mensais.

■ Inputs

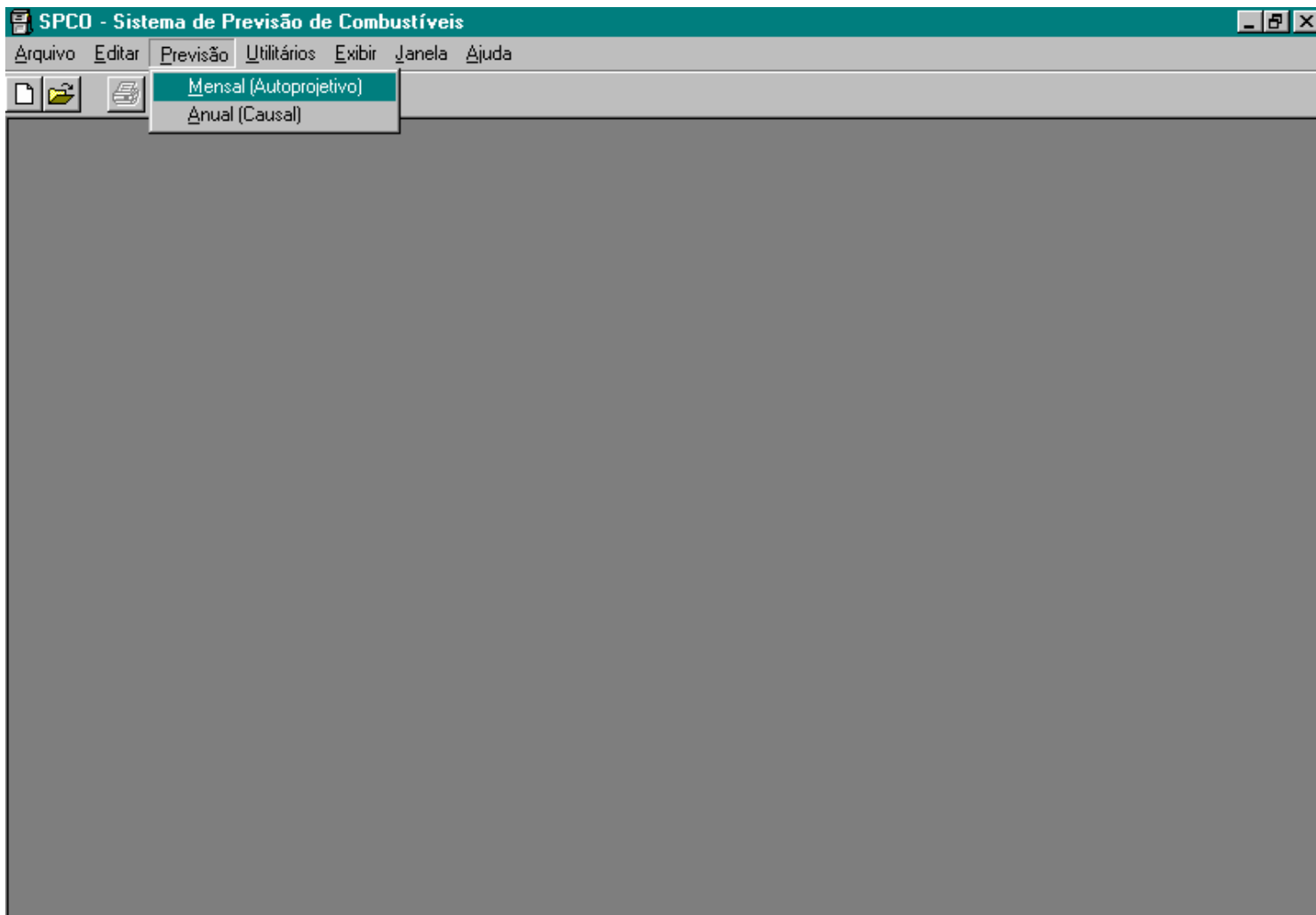
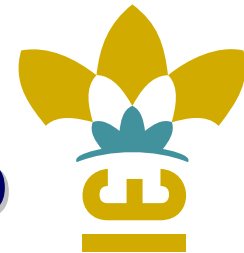
- Séries mensais (9 combustíveis)
- Permite correção por número de dias no mês
- Nível mais baixo de desagregação: município
- “Agregador” de séries construído no sistema:
Municípios (~ 5.500) ⇒ Estados (27)
⇒ Região (5) ⇒ Total Brasil (1)

Sistema SPCO – Breve descrição

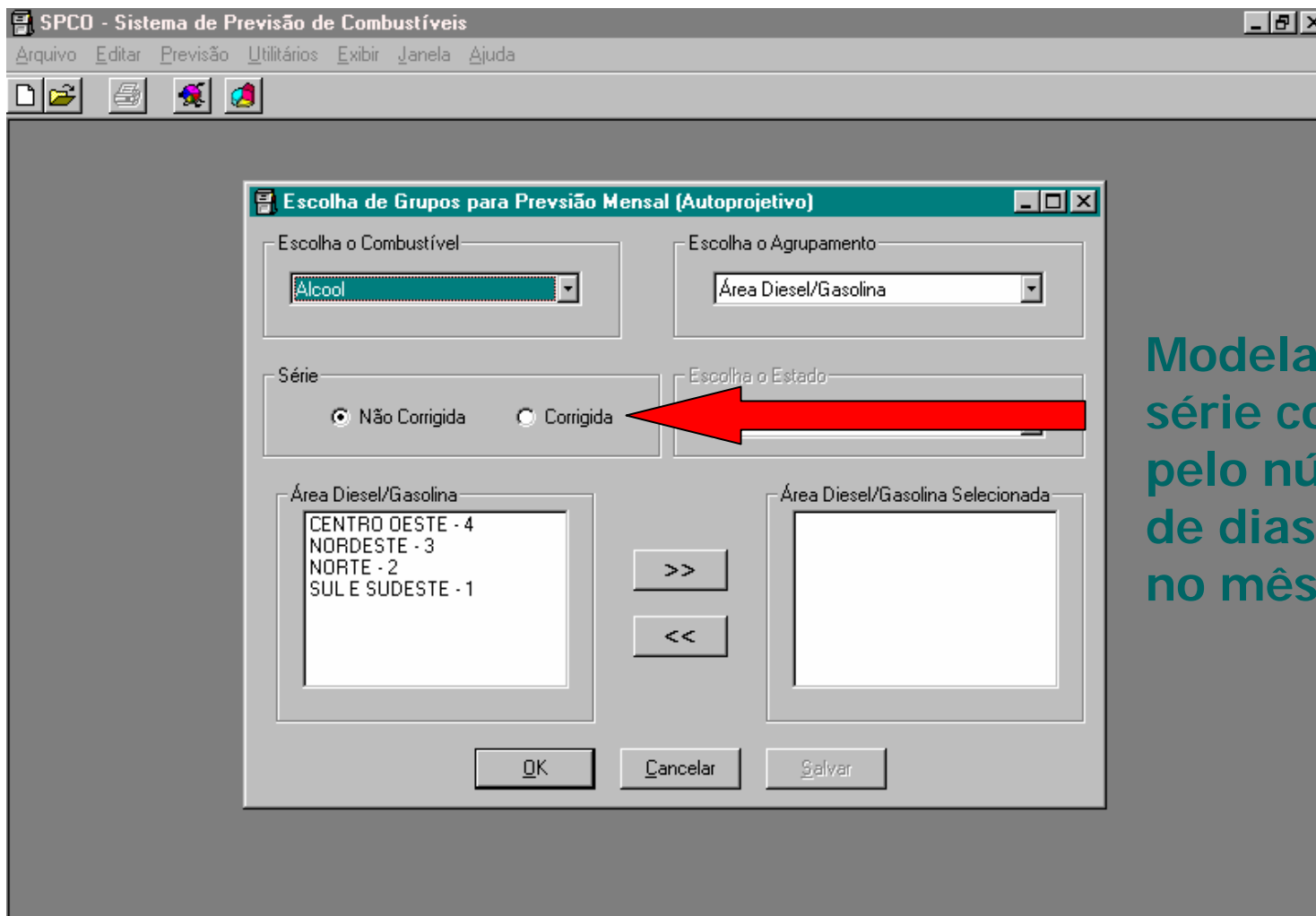
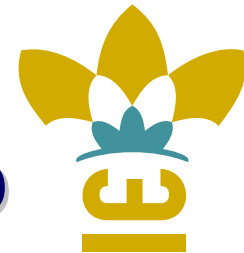


- Permite a criação e a “guarda” de “clusters” (agregados de municípios).
- Estes “clusters” são definidos pelo usuário e não necessariamente correspondem a um Estado ou Região Geográfica.
- Por exemplo, podemos formar um “cluster” contendo apenas as capitais do Sul-Sudeste.

Sistema SPCO – Breve descrição

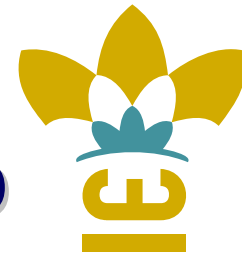


Sistema SPCO – Breve descrição



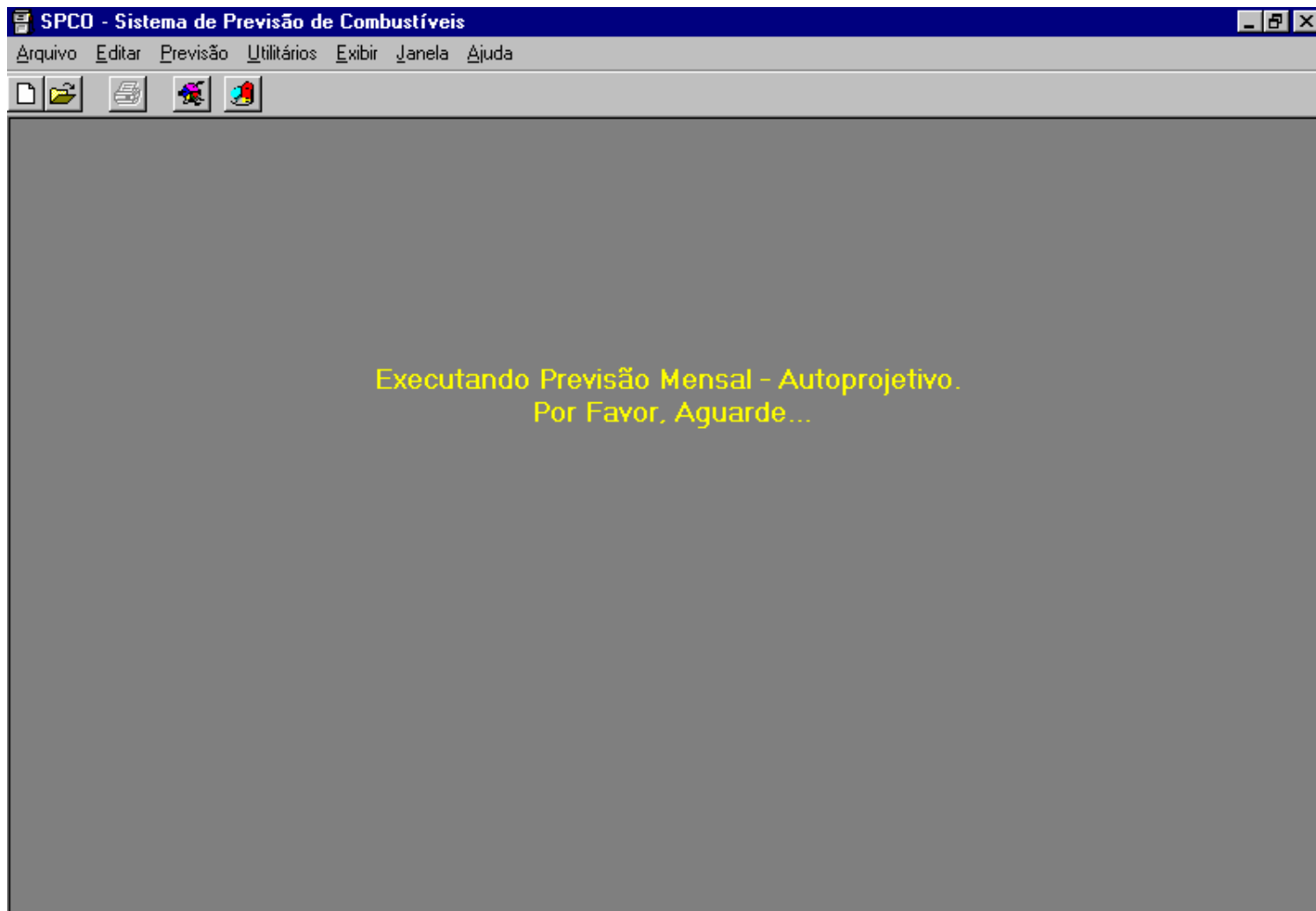
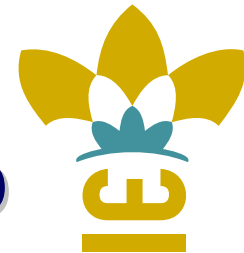
Modelagem de série corrigida pelo número de dias úteis no mês

Sistema SPCO – Breve descrição

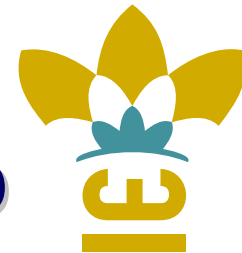


- **Modelagem Univariada (séries mensais)**
 - Modelos de amortecimento exponencial multiplicativos de Holt-Winters são usados para TODAS as séries em QUALQUER nível de desagregação.
 - Modelos ajustados automaticamente no Forecast Pro.
 - Forecast Pro “roda” escondido dentro do SPCO e executa todo o processo de ajuste de parâmetros.
 - As telas e resultados do Forecast Pro NÃO SÃO exibidos na tela do SPCO.
 - O processo de ajuste e previsão não requer qualquer interferência do usuário.

Sistema SPCO – Breve descrição



Sistema SPCO – Breve descrição



■ Output

- SPCO produz a saída padrão de modelos Holt-Winters do Forecast Pro num arquivo Word que pode ser editado ou impresso diretamente a partir do SPCO.

■ Resultados disponíveis

(i) Série observada (gráfico e tabela)

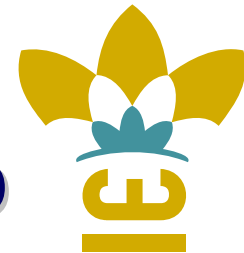
(ii) Fatores sazonais mensais (inclui gráficos)

(iii) Série com ajuste sazonal (apenas o gráfico)

(iv) Taxas de crescimento mensais e anuais

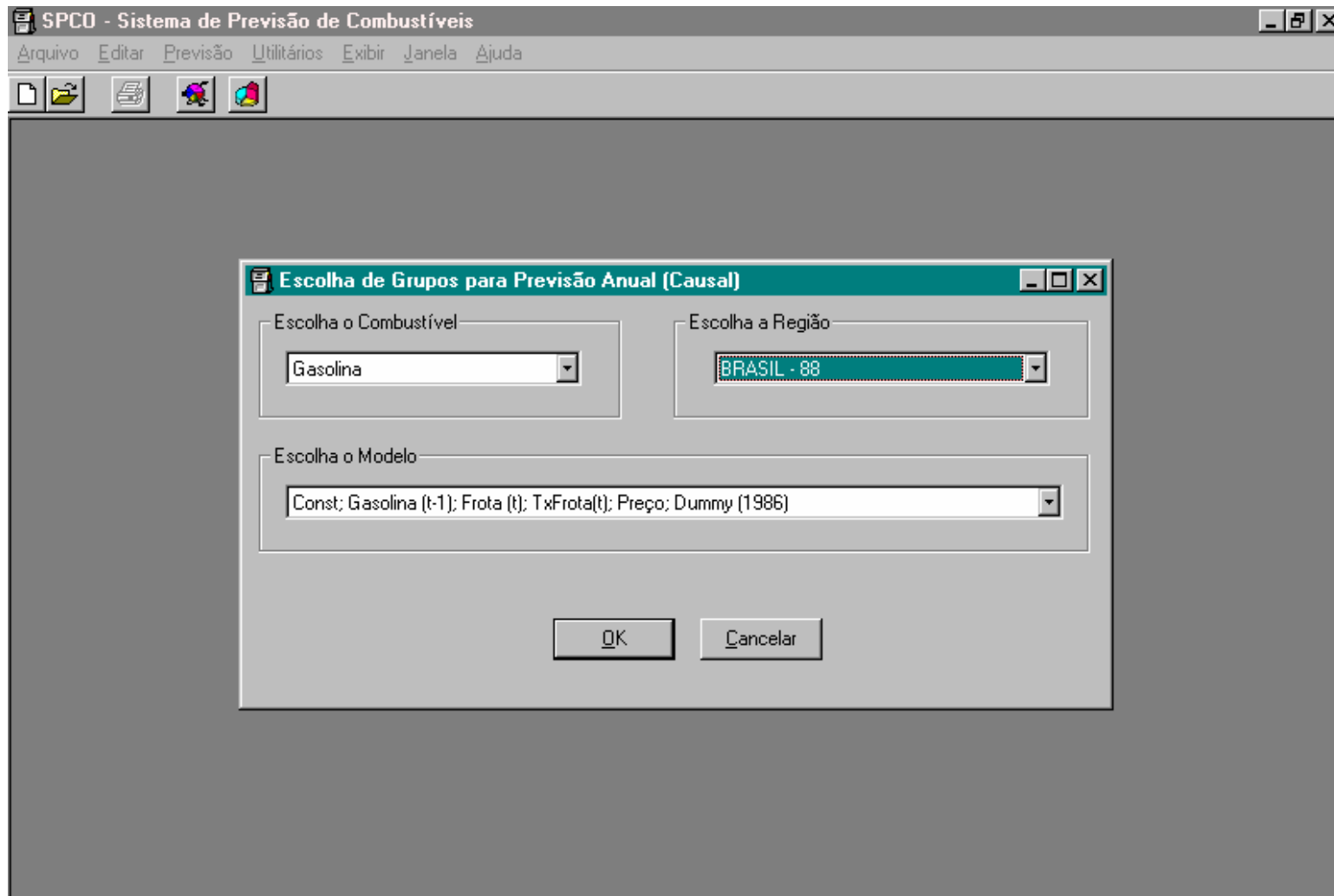
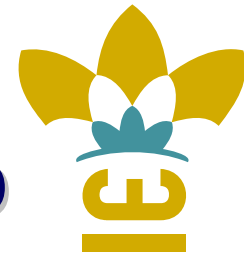
(v) Previsões pontuais 24 meses à frente e os correspondentes intervalos de confiança 95% (inclui gráficos)

Sistema SPCO – Breve descrição

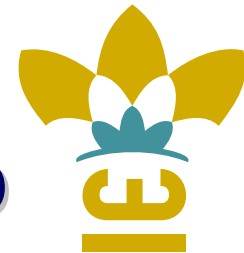


- **Modelos Causais (séries anuais)**
- **Inputs**
 - Séries de consumos anuais (9 combustíveis).
 - Variáveis explicativas anuais: PIB, taxa de câmbio, consumo de energia elétrica, índices econômicos, variáveis “dummy”, ...
 - Disponíveis apenas nos níveis: Brasil e 5 regiões geográficas.
 - Os 9 combustíveis são modelados separadamente.

Sistema SPCO – Breve descrição



Sistema SPCO – Breve descrição



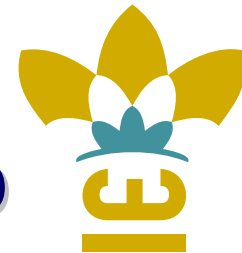
■ Modelos Anuais

■ Regressão Dinâmica

■ Seleção de variáveis e ajuste de modelos realizados FORA do SPCO e as equações de regressão resultantes são transferidas para o SPCO.

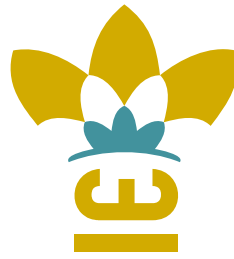
■ Alterações nos parâmetros dos modelos, inclusões e exclusões de variáveis explicativas são permitidas e devem ser feitas diretamente no Forecast Pro.

Sistema SPCO – Breve descrição



■ Outputs

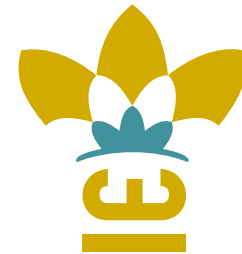
- **Previsão 5 anos à frente para cada série de interesse.**
- **Cada variável explicativa é projetada no mesmo horizonte de 5 anos através de métodos automáticos ajustados no Forecast Pro dentro do sistema SPCO.**
- **O usuário pode criar seus próprios cenários definindo valores futuros para as variáveis explicativas.**
- **O SPCO permite intervenções nas previsões produzidas, por exemplo, através de mudanças nos valores futuros ou nas taxas de crescimento.**



Demonstração 1

modelos univariados

- **Gasolina, Estado do Rio de Janeiro**
 - Uso do SPCO para analisar e produzir as previsões de uma única série (nível Estadual).
 - Gerenciamento de dados de entrada; ajuste de modelo; resultados (“output report”).
- **Gasolina, “cluster” Grande Rio de Janeiro**
 - SPCO cria uma série correspondente à região “Grande Rio” (que é o agregado dos seguintes municípios: Rio de Janeiro; Niterói; Duque de Caxias; Nova Iguaçu; Nilópolis; São João do Meriti).
 - Ajuste do modelo e previsão; geração de resultados da série criada.



Demonstração 1

modelos univariados

- Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro – série não corrigida

Escolha de Grupos para Previsão Mensal (Autoprojetivo)

Escolha o Combustível: GASOLINA - 2

Escolha o Agrupamento: Estado

Série: Não Corrigida Corrigida

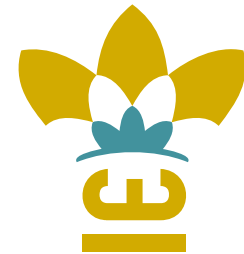
Escolha o Estado:

Estado:

- PARA - 15
- PARAIBA - 25
- PARANA - 41
- PERNAMBUCO - 26
- PIAUI - 22
- RIO GRANDE DO NORTE -
- RIO GRANDE DO SUL - 43
- RONDONIA - 11

Estado Selecionado: RIO DE JANEIRO - 33

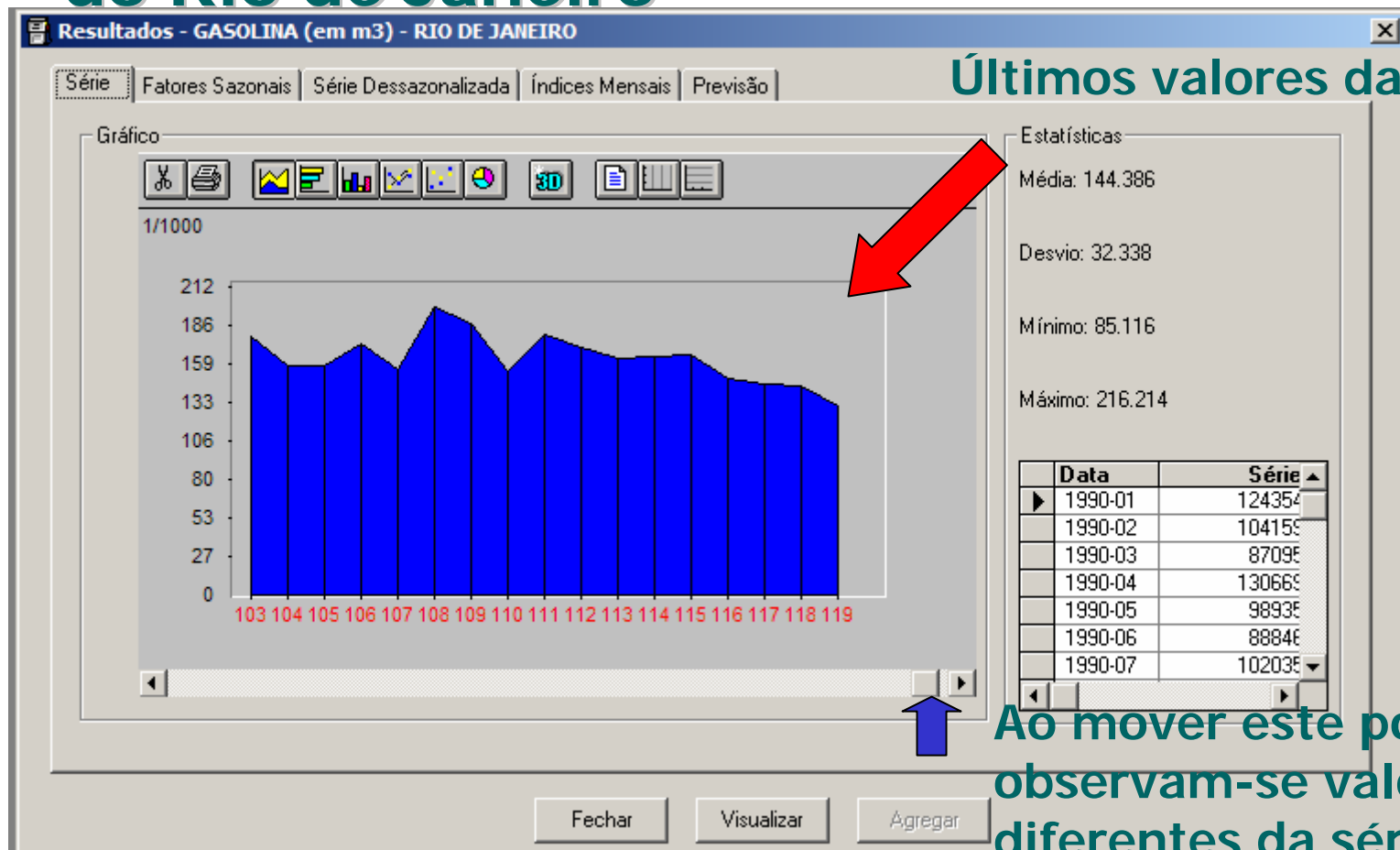
OK Cancelar Salvar

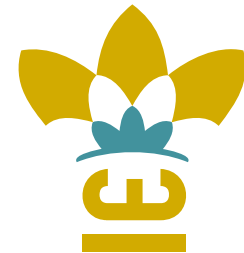


Demonstração 1

modelos univariados

■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro

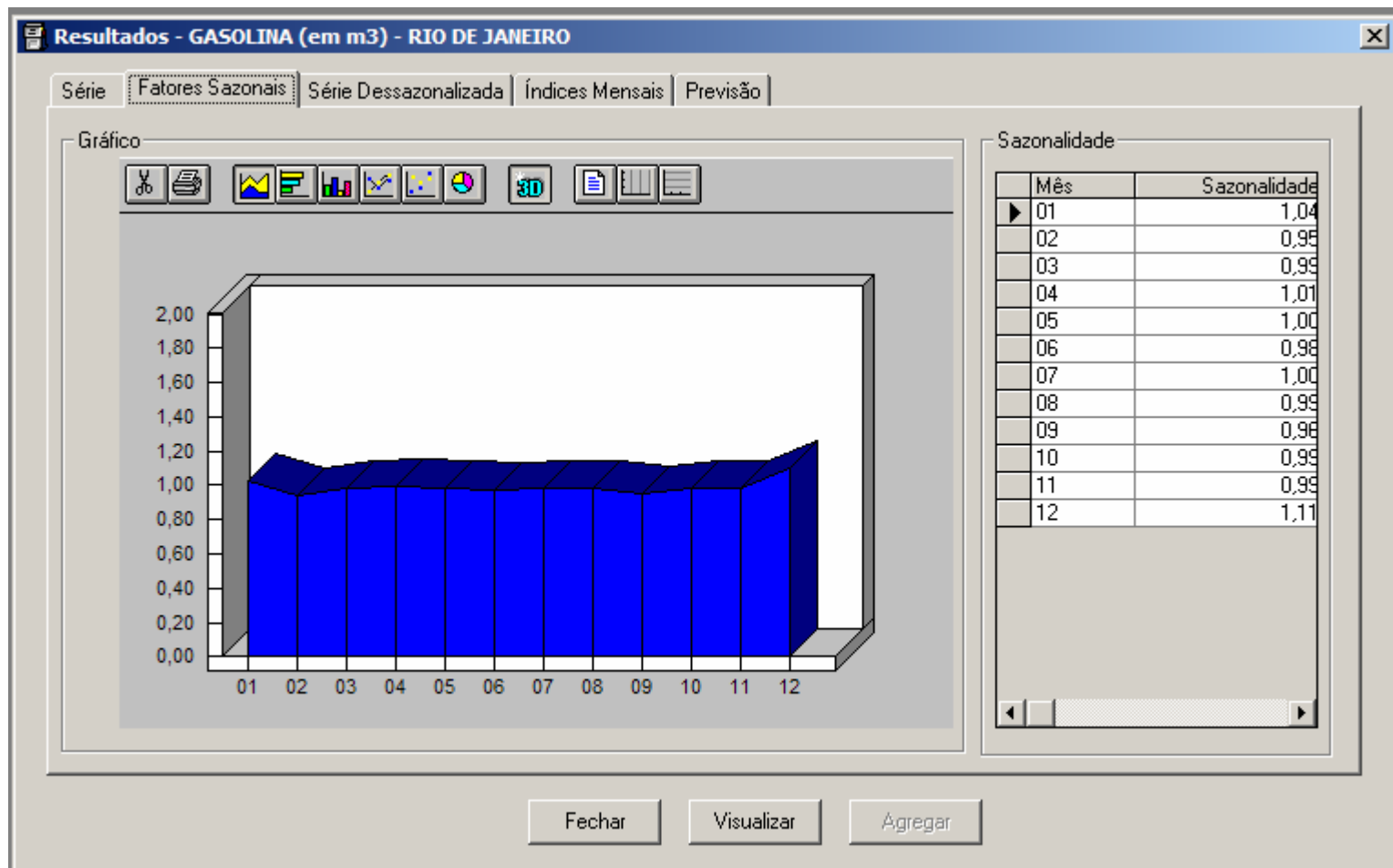


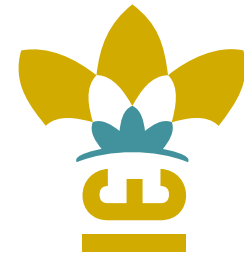


Demonstração 1

modelos univariados

■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro

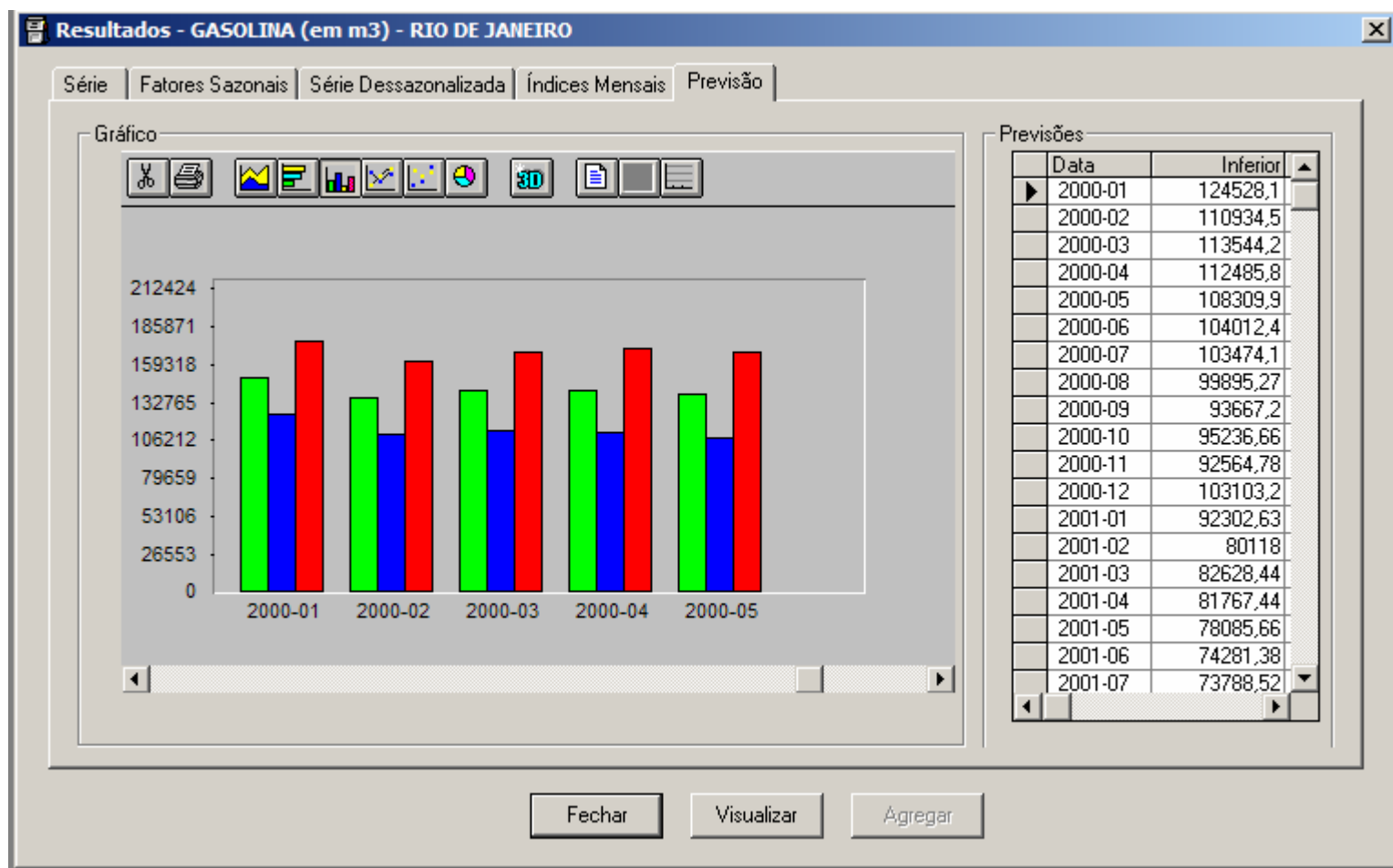




Demonstração 1

modelos univariados

■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro

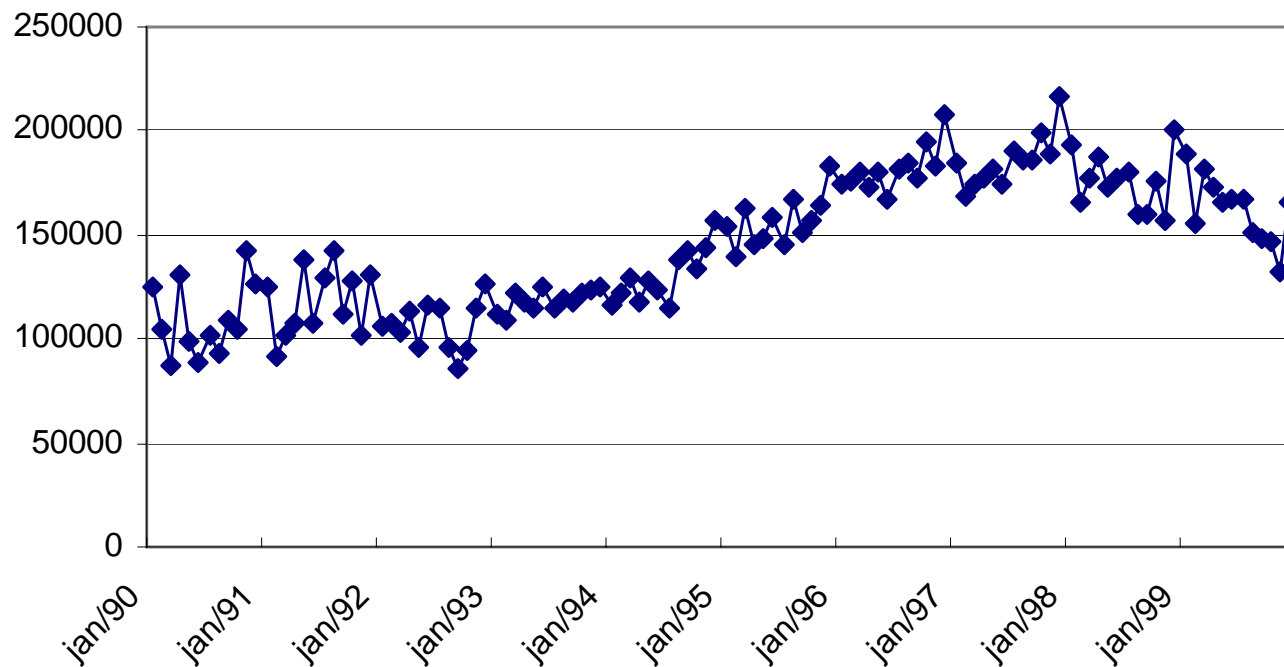


Demonstração 1

modelos univariados

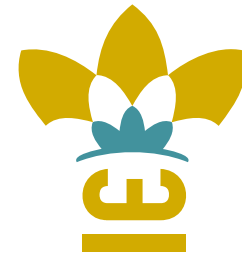


- **Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro – output – série original**

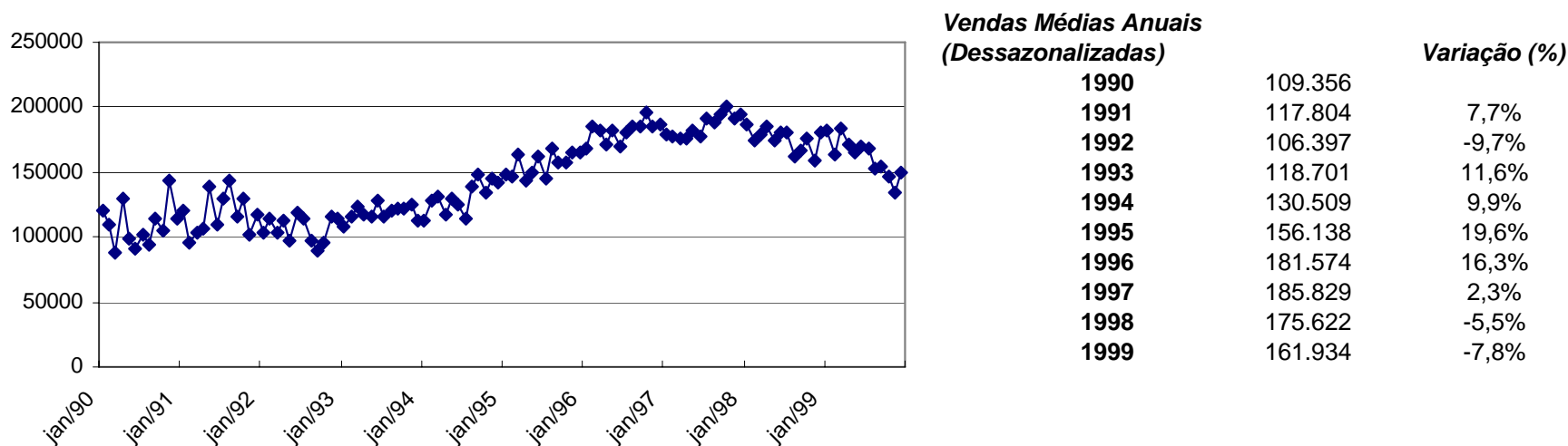


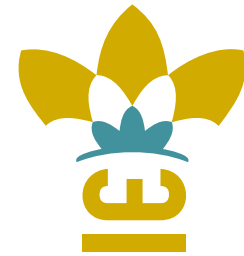
Demonstração 1

modelos univariados



■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro – série dessazonalizada

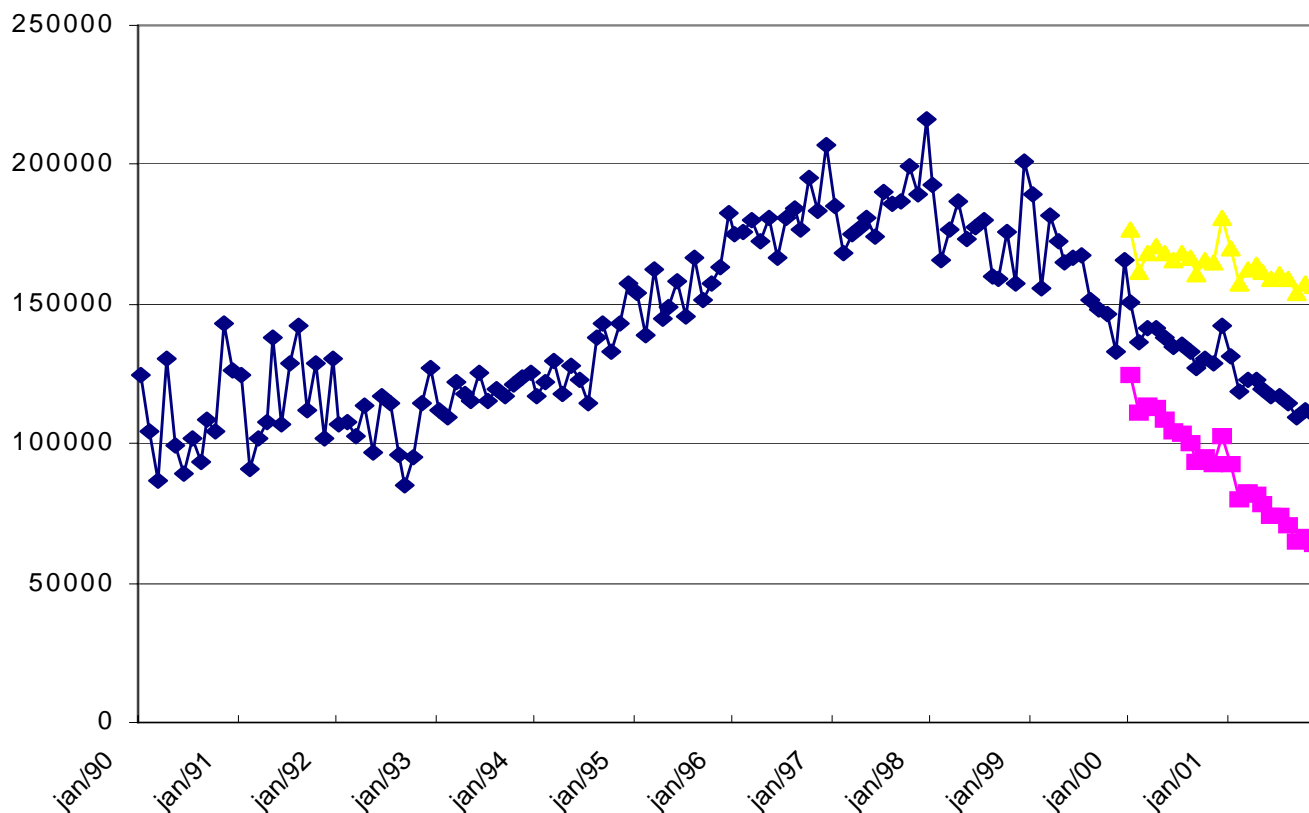


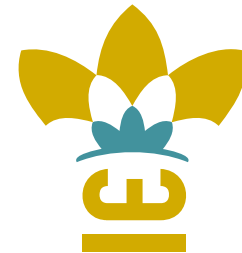


Demonstração 1

modelos univariados

■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro – previsões





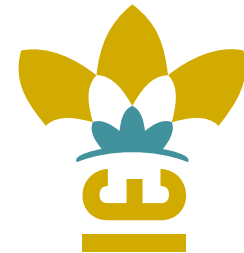
Demonstração 1

modelos univariados

■ Modelagem Mensal – Gasolina no Estado do Rio de Janeiro – previsões

Previsões - HW automático

Período	Limite 2.5	<i>Previsão</i>	Limite 97.5
jan/2000	124.528	150.539	176.549
fev/2000	110.935	136.264	161.594
mar/2000	113.544	141.089	168.633
abr/2000	112.486	141.568	170.650
mai/2000	108.310	138.337	168.365
jun/2000	104.012	134.896	165.779
jul/2000	103.474	135.773	168.071
ago/2000	99.895	133.100	166.305
set/2000	93.667	127.312	160.957
out/2000	95.237	130.443	165.650
nov/2000	92.565	128.715	164.865
dez/2000	103.103	142.233	181.363
jan/2001	92.303	131.274	170.246
fev/2001	80.118	118.639	157.159
mar/2001	82.628	122.640	162.652
abr/2001	81.767	122.853	163.938
mai/2001	78.086	119.846	161.606
jun/2001	74.281	116.661	159.041
jul/2001	73.789	117.210	160.632
ago/2001	70.593	114.693	158.793
set/2001	65.068	109.500	153.932
out/2001	66.352	111.978	157.605
nov/2001	63.919	110.277	156.635
dez/2001	72.895	121.613	170.330



Demonstração 1

Gasolina, Cluster Grande Rio

■ Criação do Grupo

Escolha de Grupos para Previsão Mensal (Autoprojetivo)

Escolha o Combustível: GASOLINA - 2

Escolha o Agrupamento: Município

Série: Não Corrigida Corrigida

Escolha o Estado: RIO DE JANEIRO - 33

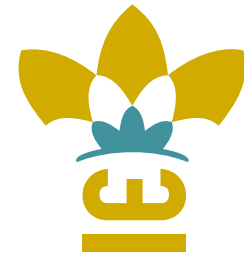
Município:

- SANTA MARIA MADALENA
- SANTO ANTONIO DE PADU
- SÃO FIDELIS - 3304809
- SÃO FRANCISCO DE ITABA
- SÃO GONÇALO - 3304906
- SÃO JOÃO DA BARRA - 330
- SÃO JOSE DE UBA - 330513
- SÃO JOSE DO VALE DO RIO

Município Selecionado:

- DUQUE DE CAXIAS - 3301702
- NITEROI - 3303306
- RIO DE JANEIRO (CAPITAL) - 3
- NOVA IGUAÇU - 3303500
- NILOPOLIS - 3303209
- SÃO JOÃO DE MERITI - 330510

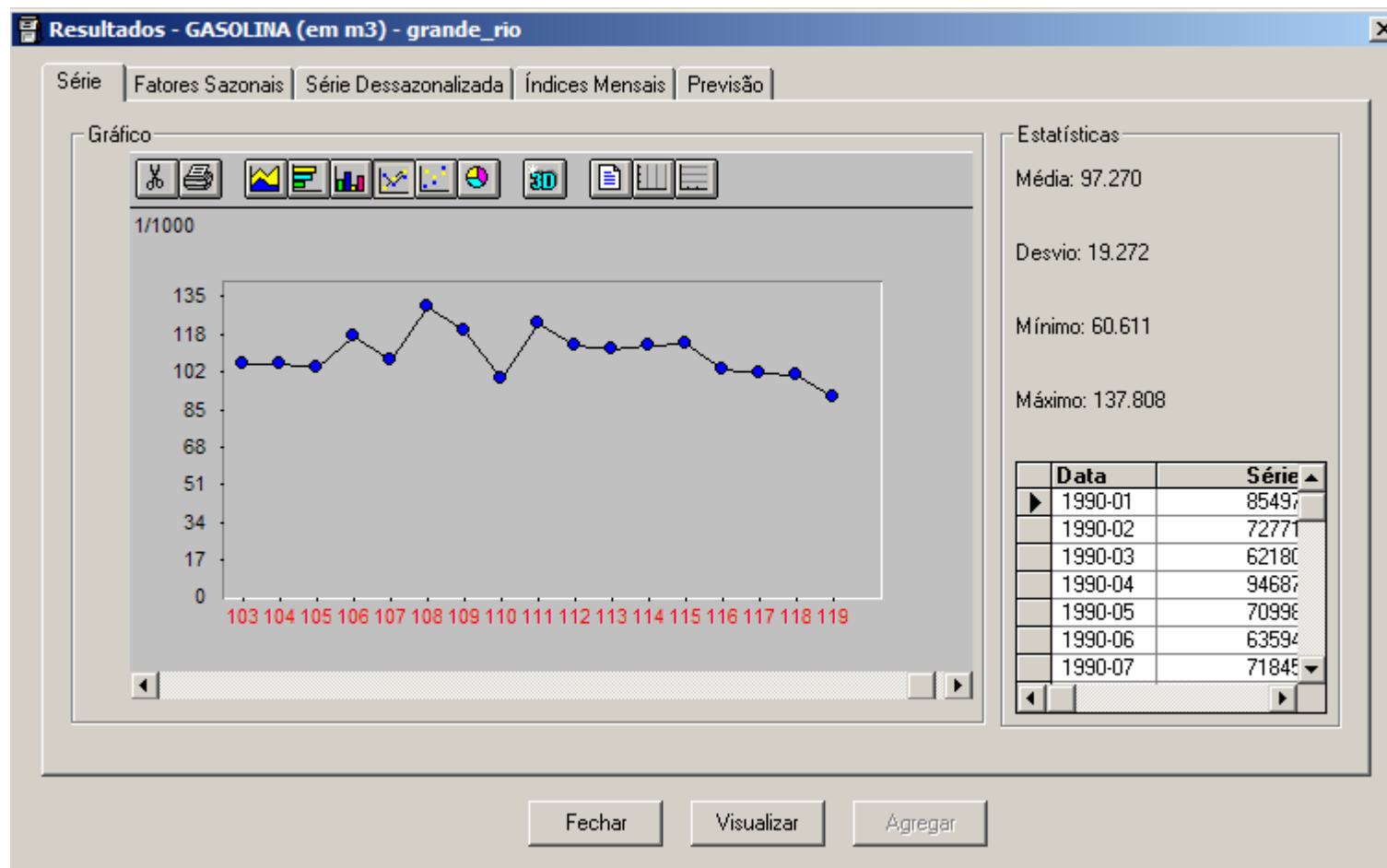
OK Cancelar Salvar

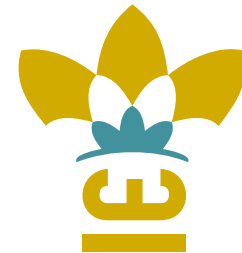


Demonstração 1

Gasolina, Cluster Grande Rio

■ Resultados

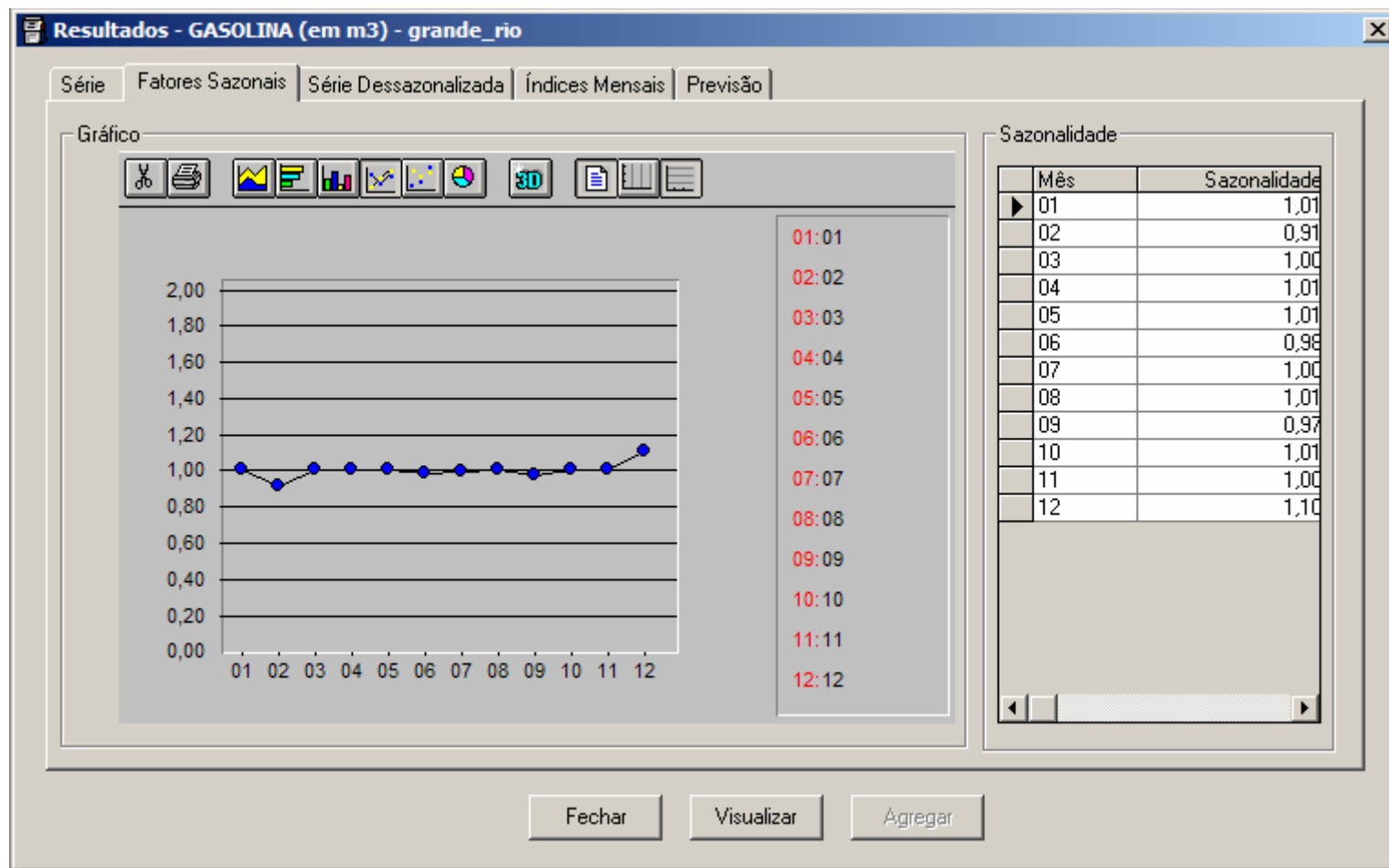




Demonstração 1

Gasolina, Cluster Grande Rio

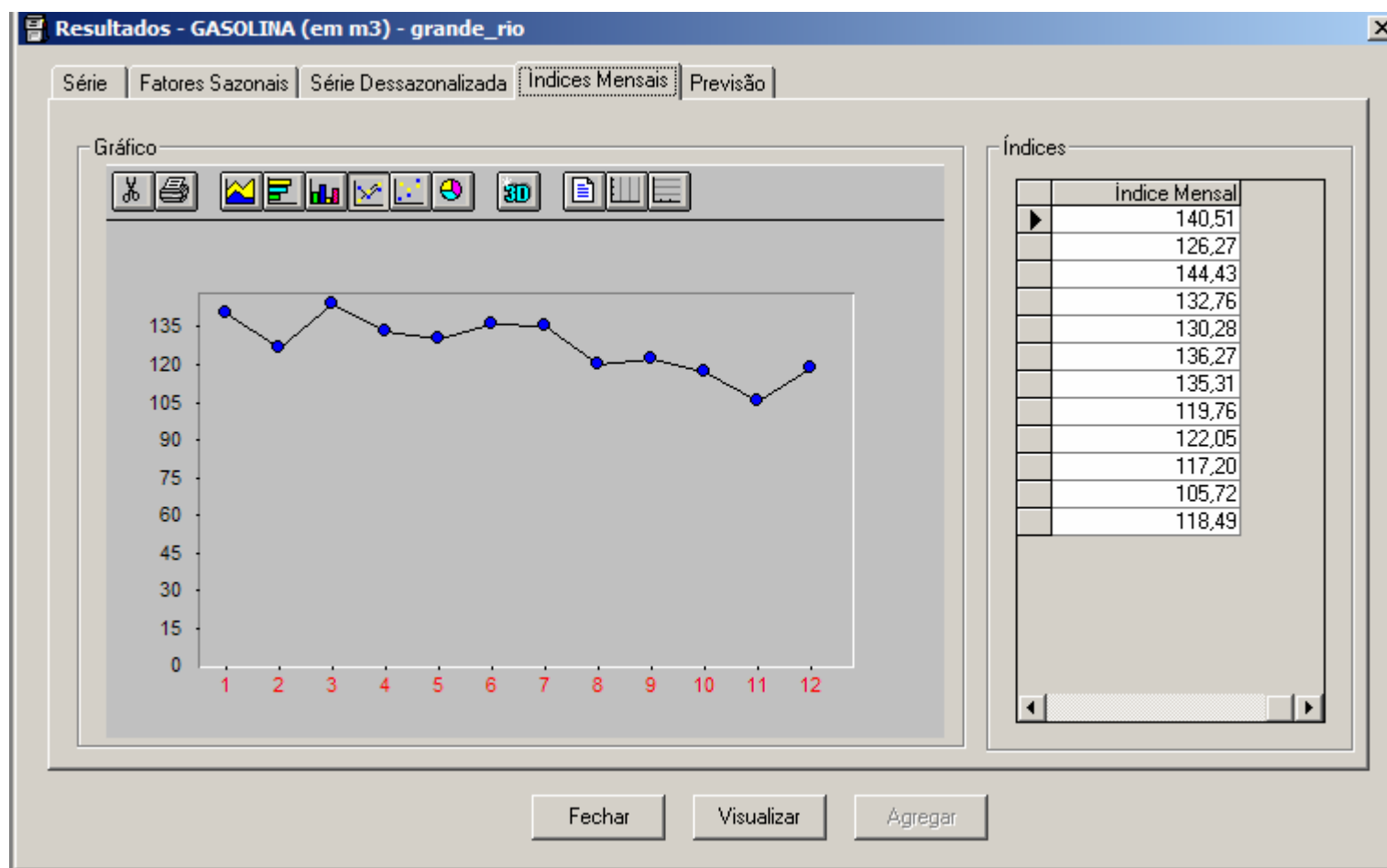
■ Fatores Sazonais

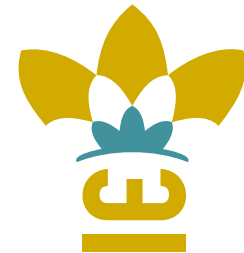


Demonstração 1

Gasolina, Cluster Grande Rio

■ Índices Mensais

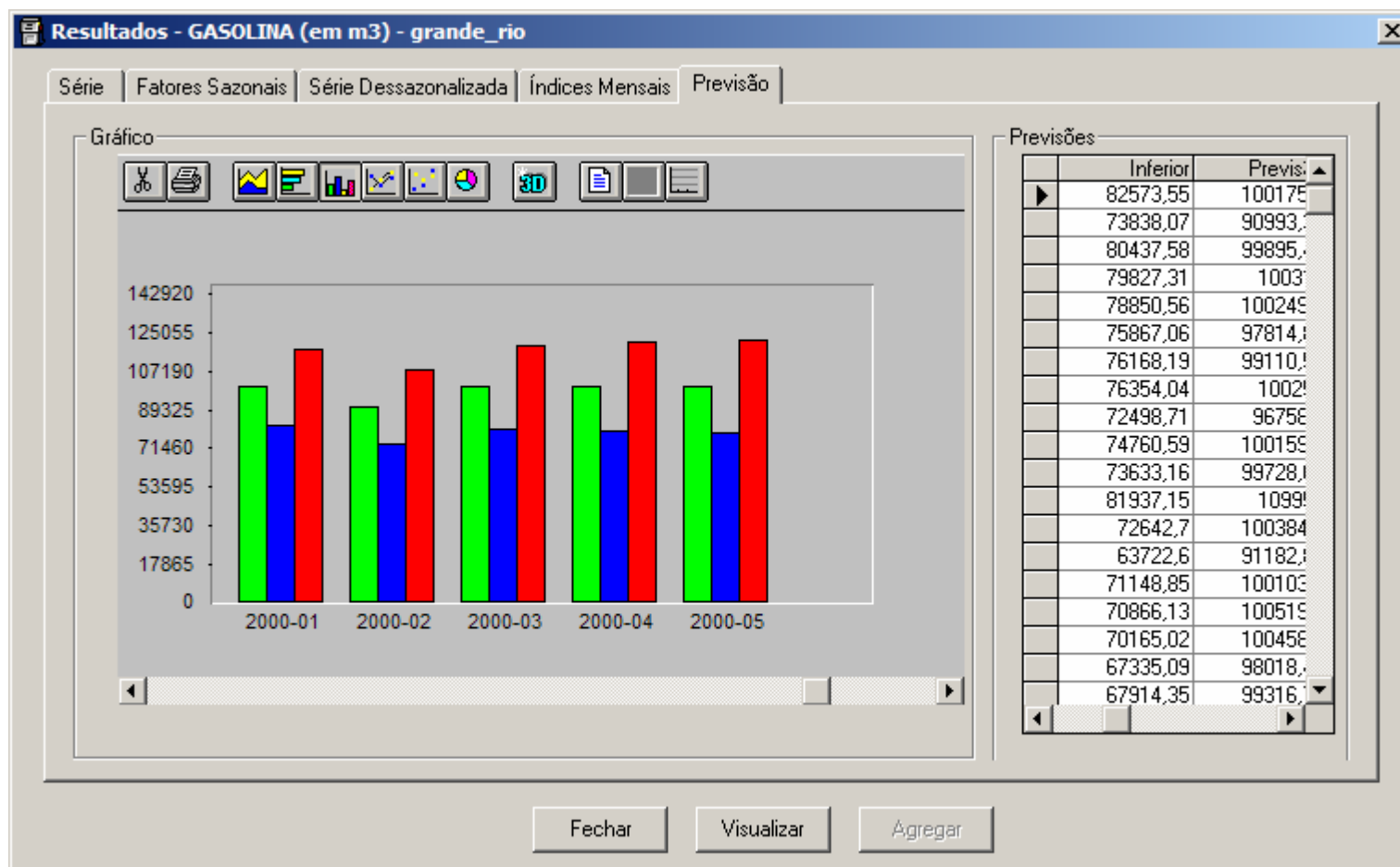




Demonstração 1

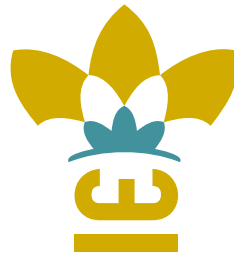
Gasolina, Cluster Grande Rio

■ Previsões



Demonstração 2

modelos causais



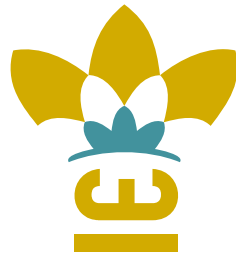
■ Gasolina – nível Brasil

- Modelo causal para produzir previsões 5 anos à frente do consumo de gasolina no Brasil.

- Cenário padrão criado pelo Forecast Pro e intervenções do usuário nas previsões produzidas.

■ Óleo Diesel – nível Brasil

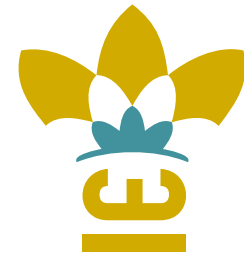
- Semelhante ao modelo acima, mas outro combustível.



Demonstração 2

Gasolina, Brasil

- Estrutura do modelo causal:
- $const$, $gasolina(t-1)$, $frota(t)$, tx .
Cresc. Frota (t), Preço (t),
Dummy_1986



Demonstração 2

Gasolina, Brasil

- Alteração do cenário de preços futuros de gasolina

Cenário

Variável Causal
PREÇO GASOLINA

Cenário
AUTOMÁTICO

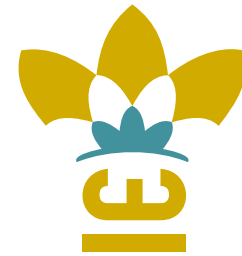
Excluir

Valores	Lim. 2.5	Previsão	Lim. 97.5	Var. %
1999		1,11		
2000	0,25	1,25	1,98	0,00
2001	0	1,50	2,33	0,00
2002	0	1,60	2,6	0,00
2003	0	1,75	2,83	0,00
2004	0	2,00	3,03	0,00

Salvar Atualizar Escolher

Demonstração 2

Gasolina, Brasil



■ Trabalhando com o cenário criado

Cenários Escolhidos

VARIÁVEL	CENÁRIO
PREÇO GASOLI	PREÇOS_MON
TAXA DE CRES	AUTOMÁTICO
FROTA GASOLI	AUTOMÁTICO

Variável Causal

Cenário

Intervenção

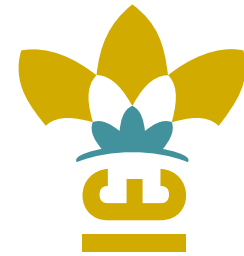
Ano	Valores	
2000		
2001		<input type="radio"/> Sim
2002		<input checked="" type="radio"/> Não
2003		
2004		

Executar

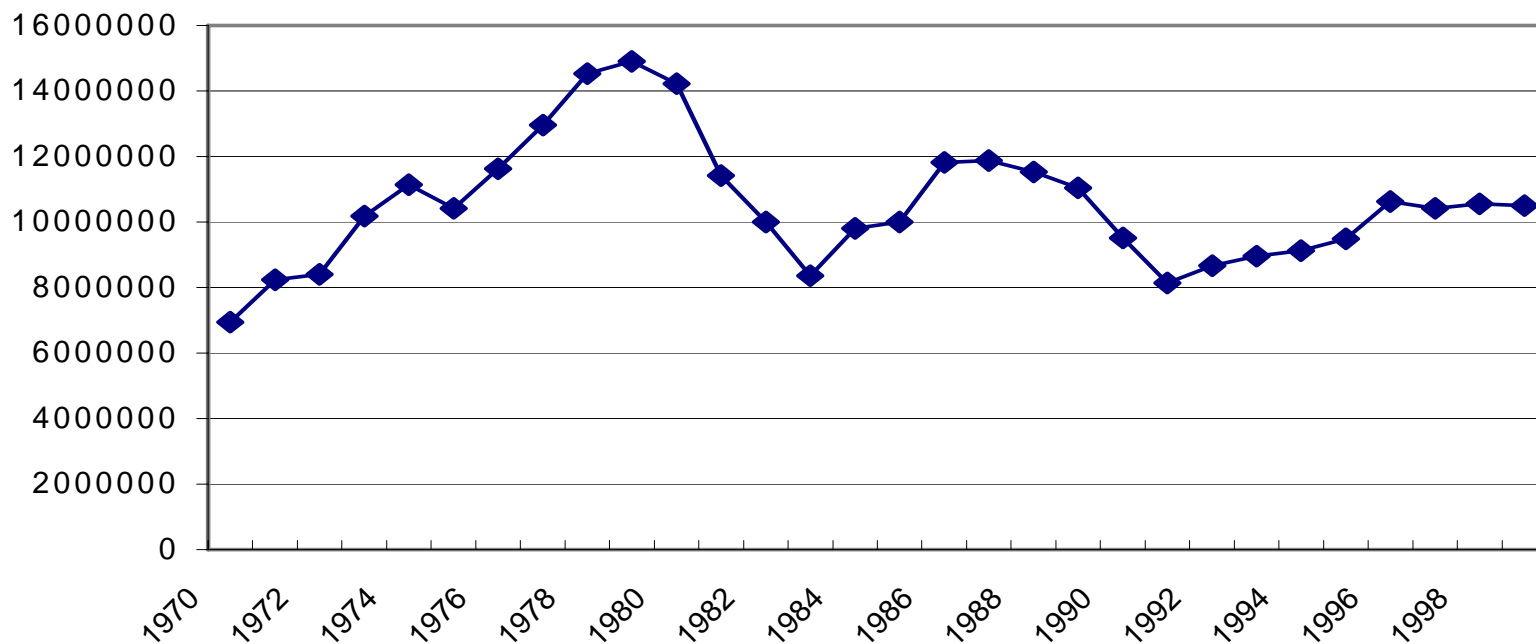
Cenários automáticos para taxa de crescimento de frota e frota a gasolina e não automático para preço

Demonstração 2

Gasolina, Brasil

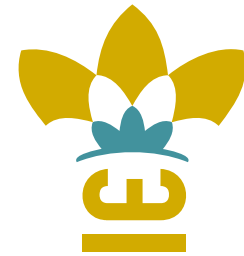


■ Gráfico da série

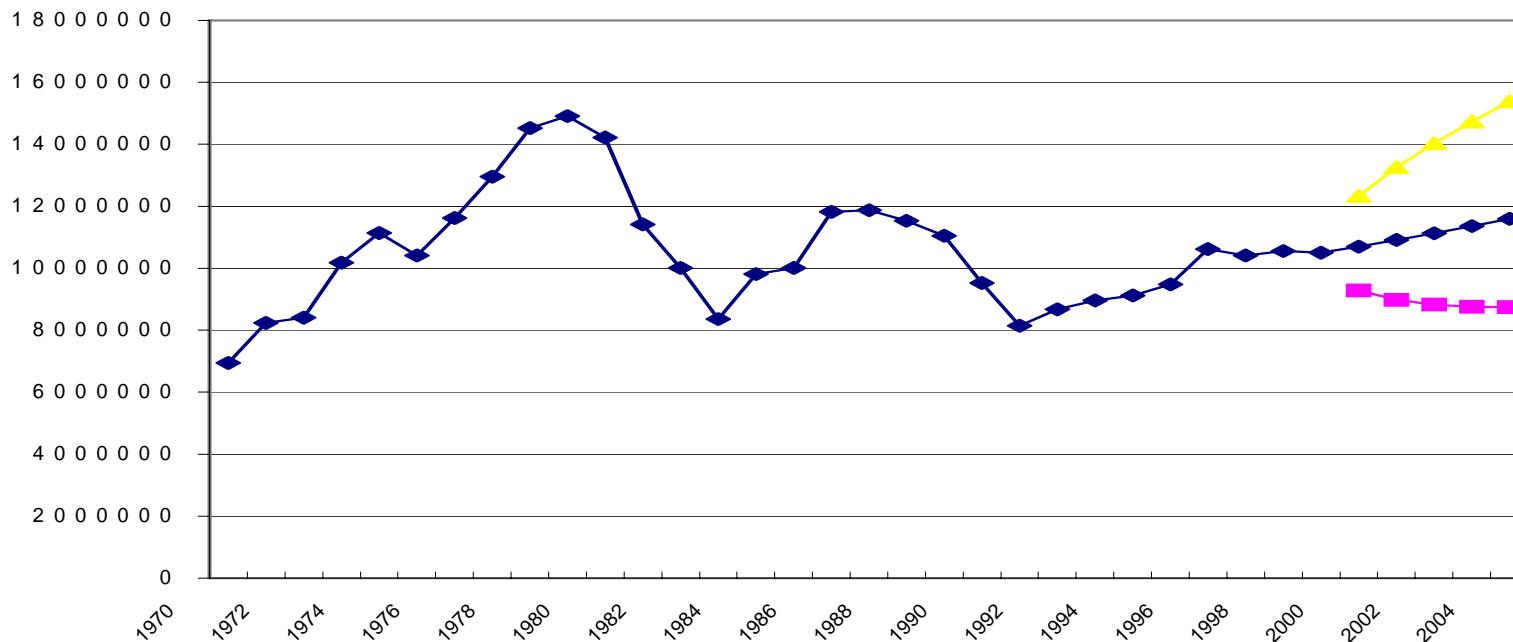


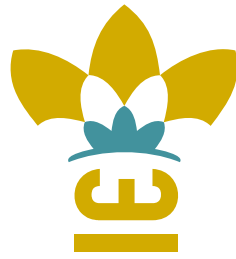
Demonstração 2

Gasolina, Brasil



■ Previsões





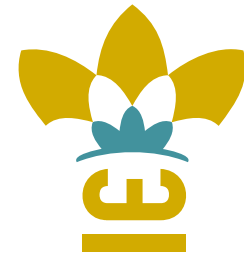
Demonstração 2

Óleo Diesel, Brasil

- Estrutura do Modelo
- Const
- Diesel(t-1)
- PIB

Demonstração 2

Óleo Diesel, Brasil



■ Mantendo o cenário automático

Cenário

Variável Causal: PIB

Cenário: AUTOMÁTICO

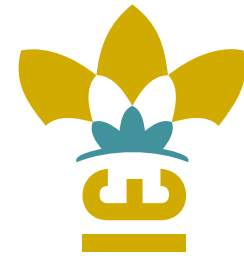
Excluir

Ano	Lim. 2.5	Previsão	Lim. 97.5	Var. %
2000		926309888		
2001	870888448	945607040	1020325632	2,08
2002	872594240	964904192	1057214144	2,04
2003	877152832	984201344	1091249792	2,00
2004	883508352	1003498496	1123488640	1,96
2005	891129856	1022795648	1154461440	1,92

Salvar Atualizar Escolher

Demonstração 2

Óleo Diesel, Brasil



Escolha de Cenário

Cenários Escolhidos

VARIÁVEL	CENÁRIO
PIB	AUTOMÁTICO

<<

Variável Causal

Cenário

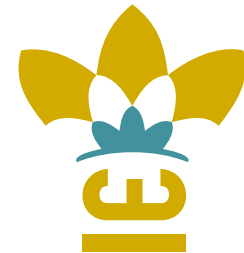
Intervenção

Ano	Valores	
2001	_____	
2002	_____	<input type="radio"/> Sim
2003	_____	<input checked="" type="radio"/> Não
2004	_____	
2005	_____	

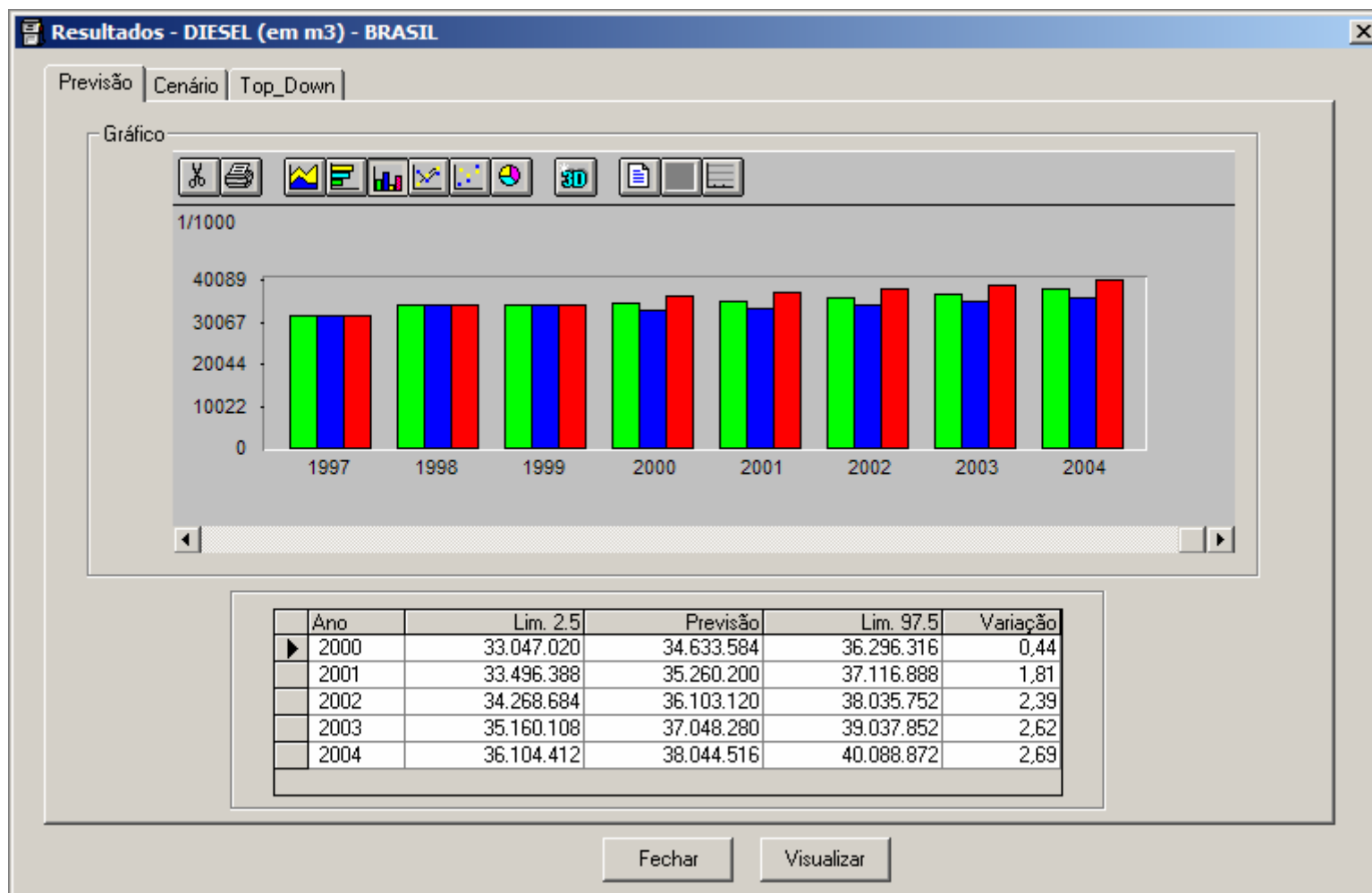
Executar

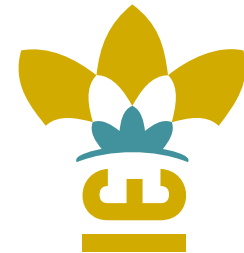
Demonstração 2

Óleo Diesel, Brasil



■ Resultados





Demonstração 2

Óleo Diesel, Brasil

■ Resultados – desagregação por região

Resultados - DIESEL (em m3) - BRASIL

Previsão | Cenário | Top_Down

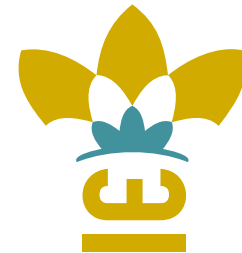
Previsão

	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	CENTRO OESTE	BRASIL
2000	3.332.455	4.993.386	15.411.279	6.880.350	4.016.114	34.633.584
2001	3.479.251	5.133.608	15.585.194	6.975.486	4.086.660	35.260.200
2002	3.430.015	5.273.261	16.034.146	7.165.605	4.200.092	36.103.120
2003	3.580.099	5.382.261	16.438.406	7.347.491	4.300.023	37.048.280
2004	3.681.606	5.540.932	16.864.225	7.540.765	4.416.987	38.044.516

Fator de Desagregação

	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	CENTRO OESTE	BRASIL
2000	9,62	14,42	44,50	19,87	11,60	100,00
2001	9,87	14,56	44,20	19,78	11,59	100,00
2002	9,50	14,61	44,41	19,85	11,63	100,00
2003	9,66	14,53	44,37	19,83	11,61	100,00
2004	9,68	14,56	44,33	19,82	11,61	100,00

Fechar | Visualizar



OBRIGADA!!

monica@mbarros.com

monica@ele.puc-rio.br

reinaldo@ele.puc-rio.br