



**Predict – Ferramenta de Suporte à Decisão para Predição de
Cargas de Sistemas Elétricos**

LPRAD/UFPa - Laboratório de Planejamento em Redes de alto Desempenho da Universidade
Federal do Pará

Manual do Usuário

- **Introdução**
- **Arquivos e Base de Dados**
- **Formatação e Padrões Numéricos**
- **Módulo de Visualização de dados**
- **Módulo de Correlação**
- **Análise de cenários**
- **Módulo de previsão**
- **Conclusão**

Introdução

O PREDICT é composto por 3 módulo, onde cada módulo possui sub-módulos, que no caso da previsão e correlação, são os modelos computacionais utilizados, que se dispõe da seguinte forma:

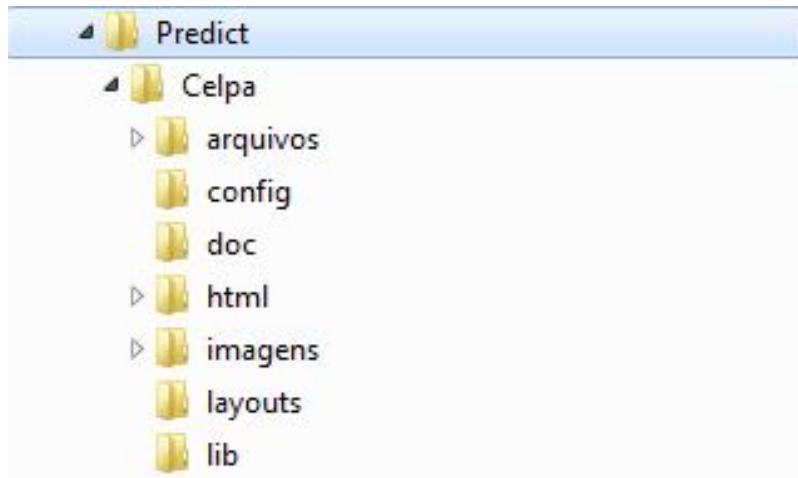
- Visualização de Dados
 - Dados Climáticos
 - Dados Sócio-Econômicos
 - Dados de Consumo
 - Interligado FIO
 - Interligado Cativo
 - Sistema CELPA Total
- Previsão
 - Análise da Taxa de Crescimento
 - Regressão Múltipla
 - Rede Neural Artificial (RNA)
- Correlação
 - Rede Bayesiana
 - Algoritmo Genético Híbrido

Todos os módulos listados anteriormente, contam com recursos periféricos, que são: geração de relatórios, impressão e geração de gráficos.

Arquivos e Base de Dados

Esse item é extremamente importante, pois ele é que irá definir o bom funcionamento do software.

Quando é iniciado, o PREDICT realiza a leitura da base de dados para confirmar a integridade da base e verifica se o arquivo está de acordo com o layout definido como padrão de leitura. Além disso, o software verifica a existência de pastas e alguns arquivos de configuração, listados abaixo:



	Descrição
\config\config.properties	Arquivo de configuração onde ficam listadas todas as informações de leitura e escrita, como por exemplo, o caminho de onde o software irá buscar os dados
\arquivos\estadual	Pasta onde fica armazenada a base de dados, dividida em 4 arquivos: <ul style="list-style-type: none">• Dados_Consumo.xls• Dados_Sócio-Econômico-Celpa.xls• DadosConsumo• DadosSocioEconomico
\arquivos\exportados	Onde ficam armazenados os arquivos exportados através do software
\Previsao\Dados	Pasta utilizada pelo modelo de previsão através da Rede neural Artificial. É importante não manipular os arquivos contidos nessa pasta.
\arquivos\XML	Nessa pasta ficam armazenadas as correlações, que são gravadas em arquivos com a extensão .xml Se esses arquivos forem removidos, as correlações também serão
\layouts	Pasta onde estão os arquivos necessários para a geração de relatórios
\doc	Pasta que contém o manual do software
\html	Pasta que contém os arquivos usados para gerar os relatórios da correlação
\lib	Contém os arquivos necessários para o bom funcionamento do

software

Em relação a base de dados, o layout padrão para que a leitura é:

- A primeira linha da planilha deverá conter o nome do arquivo de dados
- A primeira coluna corresponde ao período que deverá estar no seguinte formato:
 - mm/yyyy
 - mm -> mês (Ex. 12)
 - yyyy -> ano (Ex. 2010)
- A Segunda Linha deverá ter o nome dos consumos, iniciando por "PERIODO" e terminando com o nome do último consumo desejado.
- As abas da planilha deverão ter o nome das classes de consumo, pois através delas é que serão manipulados os dados contidos na planilha.
 - Ex. "Interligado FIO", "Interligado CATIVO"
- OS ARQUIVOS DE DADOS DEVERÃO TER O FORMATO PADRÃO DE .xls (Microsoft Office 97 - 2003), O SOFTWARE PREDICT NÃO LÊ .xlsx (Microsoft Office 2007)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	PERIODO	RESIDENCIAL TOTAL (MWh)	INDUSTRIAL TOTAL (MWh) (FIO)	INDUSTRIAL TOTAL (MWh) (CATIVO)	COMERCIAL TOTAL (MWh) (FIO)	COMERCIAL TOTAL (MWh) (CAT)	RURAL (MWh)	PODER PÚBLICO (MWh)
3	1/1991	73.012	30.636	30.636	38.803	38.803	1.454	8.962
4	2/1991	68.635	27.373	27.373	34.217	34.217	1.216	9.912
5	3/1991	66.309	28.735	28.735	33.696	33.696	1.173	9.775
6	4/1991	65.604	30.253	30.253	35.796	35.796	1.201	9.735
7	5/1991	70.878	26.318	26.318	35.080	35.080	1.161	9.828
8	6/1991	70.051	28.065	28.065	37.154	37.154	1.228	10.429
9	7/1991	68.903	33.767	33.767	38.350	38.350	1.314	10.321
10	8/1991	73.799	38.340	38.340	42.280	42.280	1.428	10.470
11	9/1991	74.416	33.691	33.691	37.896	37.896	1.470	10.417
12	10/1991	73.222	33.303	33.303	42.248	42.248	1.678	11.269
13	11/1991	77.101	34.942	34.942	40.464	40.464	1.711	10.646
14	12/1991	72.619	31.218	31.218	39.305	39.305	1.632	10.649
15	TOTAL	854.549	376.701	376.701	455.895	455.895	16.666	123.013
16	1/1992	77.721	29.339	29.339	42.820	42.820	1.758	10.885
17	2/1992	71.395	33.103	33.103	38.651	38.651	1.553	13.763
18	3/1992	69.717	30.327	30.327	37.933	37.933	1.563	8.728
19	4/1992	65.351	30.583	30.583	35.207	35.207	1.538	10.317
20	5/1992	71.809	30.713	30.713	37.344	37.344	1.580	10.834
21	6/1992	66.396	31.474	31.474	37.816	37.816	1.551	12.230
22	7/1992	67.814	34.694	34.694	37.834	37.834	1.716	11.694

35	7/1993	69.538	34.896	34.896	40.939
36	8/1993	68.085	36.301	36.301	40.100
Interligado CATIVO Interligado FIO Isolado CATIVO Sistema CELPA Total					
Pronto					

Observação:

O software foi desenvolvido com base nos dados disponibilizados pela REDE CELPA, logo, caso o usuário deseje utilizar a base de dados de outra concessionária, deverá manter a estrutura definida como padrão no software, atentando para todos os detalhes que compõe o arquivo de dados, sendo que o mais importante é o nome das abas:

- "FIO", "CATIVO", "ISOLADO", "TOTAL"
- Essas são as palavras chaves que DEVERÃO estar presentes na planilha de dados.

Formato Padrão de Valores Numéricos

O formato padrão, definido na leitura da base de dados é:

###.##

Caso a base contenha valores que não estão definidos nesse padrão, o software tentará realizar a conversão, correndo o risco de corromper a integridade de alguns valores. Portanto, é importante que seja verificado se os dados de entrada e saída estão corretos.

Observação:

Os nomes dos consumos deverão ser simplificados para aperfeiçoar a leitura, assim como, evitar que alguns nomes não sejam reconhecidos.

Ex. 1479 – Índice volume de vendas no varejo (2003 -), trocar por, 1479_INDICE_VENDAS_VAREJO_2003

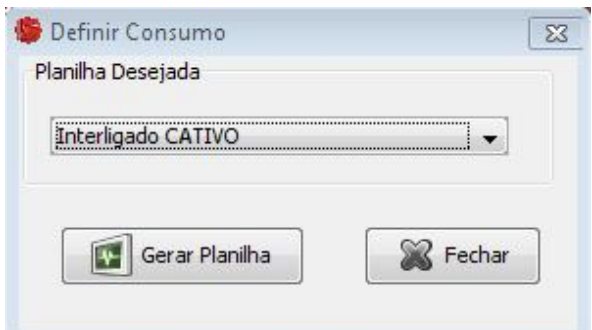
|RESIDENCIAL TOTAL (MWh)|INDUSTRIAL TOTAL (MWh) (FIO)|INDUSTRIAL TOTAL (MWh) (CATIVO)|COMERCIAL TOTAL (MWh) (FIO)|COMERCIAL TOTAL (MWh) (CATI)|

Visualização de Dados

Nesse módulo foi implementado o recurso de leitura da base e a apresentação desses dados ao usuário.

Quando solicitado, o software lê os dados e apresenta na interface principal.

Em todas as visualizações, estão disponibilizados recursos como: impressão de relatório e exportar a planilha.



PREDICT - Sistema de Suporte à decisão para Predição de Cargas de Sistemas Elétricos

Início Dados Análise Configurações Ajuda

Dados do Mercado Celpa INTERLIGADO ----- CATIVO

PERÍODO	RESIDENCIAL (MWh)	INDUSTRIAL (MWh)	COMERCIAL (MWh)	RURAL (MWh)	PODER PÚBLICO ...	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	SERVIÇO PÚBLICO ...	CONSUMO PRÓPRIO	CONSUMO FATURADO	ENERGIA REQUERIDA	DEMANDA REQUERIDA
1/1991	67198	30557	36373	1450	8330	9654	7734	305	161601	189858	352148
2/1991	63030	27211	31790	1213	9308	9098	9062	602	151314	171522	348728
3/1991	60630	26602	31391	1159	9155	9533	8892	585	150357	188118	357616
4/1991	60134	30076	33516	1198	9059	9583	9443	580	153589	192085	358324
5/1991	65652	26201	32875	1158	9184	9611	7315	478	152474	198861	367560
6/1991	64695	27931	34831	1224	9708	9631	8086	569	156675	201826	386840
7/1991	63647	33624	36076	1310	10237	9654	8443	640	163631	208663	382488
8/1991	68095	38215	39835	1424	9748	9676	8331	647	175971	211939	387588
9/1991	67914	33527	35214	1464	9648	9682	7295	554	165298	207879	396662
10/1991	67360	33181	39773	1674	10501	9700	8012	643	170844	215017	400964
11/1991	71492	34821	38121	1707	9972	9727	9092	595	175527	207246	401208
12/1991	66602	31153	37405	1627	9916	9683	9274	580	166240	209512	398402
TOTAL	786.449	375.099	427.200	16.618	114.766	115.632	100.979	6.778	1.943.521	2.402.526	401.208
1/1992	71443	29247	40202	1755	10209	10146	7224	682	170908	204044	375860
2/1992	65558	33002	36347	1548	10249	10249	8109	652	168617	198531	371274
3/1992	64120	30223	35712	1558	8070	10302	6600	446	157031	198345	370362
4/1992	60030	30473	33012	1535	9574	10286	7086	573	152569	196143	378060
5/1992	66321	30574	35116	1576	10124	10301	7915	548	162475	208521	381726
6/1992	61258	31354	35649	1548	11560	10264	8170	683	160486	203257	383302
7/1992	62505	34455	35602	1702	9940	10265	7682	530	162681	206194	371034
8/1992	60691	34549	36063	1646	10209	10268	8202	590	162218	209262	387254
9/1992	61396	34258	35643	1651	10933	9747	8378	617	163623	205964	390706
10/1992	61423	34075	36496	1723	10289	10551	7560	547	162664	213854	390510
11/1992	64362	35631	36600	1782	11023	10557	9128	603	169686	210686	398486
12/1992	63537	33378	36262	1894	11588	10473	8967	614	166713	217616	406496
TOTAL	762.744	391.219	432.704	19.918	126.571	123.409	95.021	7.085	1.958.671	2.460.417	406.496
1/1993	68564	30705	34562	1808	10894	10550	8299	563	165945	207477	388436
2/1993	59307	32961	33339	1757	10578	10533	8331	497	157323	186454	382368
3/1993	58939	34463	34039	1669	8172	10497	7767	472	156018	215978	390329
4/1993	63379	36037	34983	1568	11679	10944	9418	552	168560	209741	403131
5/1993	62631	34338	35751	1679	11148	10970	8502	608	166527	223671	410056
6/1993	64560	33260	37187	1611	11082	10968	8844	610	168122	234136	408780
7/1993	63064	34740	36613	1673	11175	10769	8533	488	167055	223398	402376
8/1993	62378	36139	37427	1620	10710	11100	8318	322	168014	224317	419290
9/1993	65745	35238	36848	1772	11511	11033	7951	265	170463	221851	423583
10/1993	64885	37203	37639	1832	11331	11104	8129	378	172501	232751	430227
11/1993	65885	33920	36236	1825	11754	11107	8020	376	169123	227516	431546

Imprimir Exportar Fechar



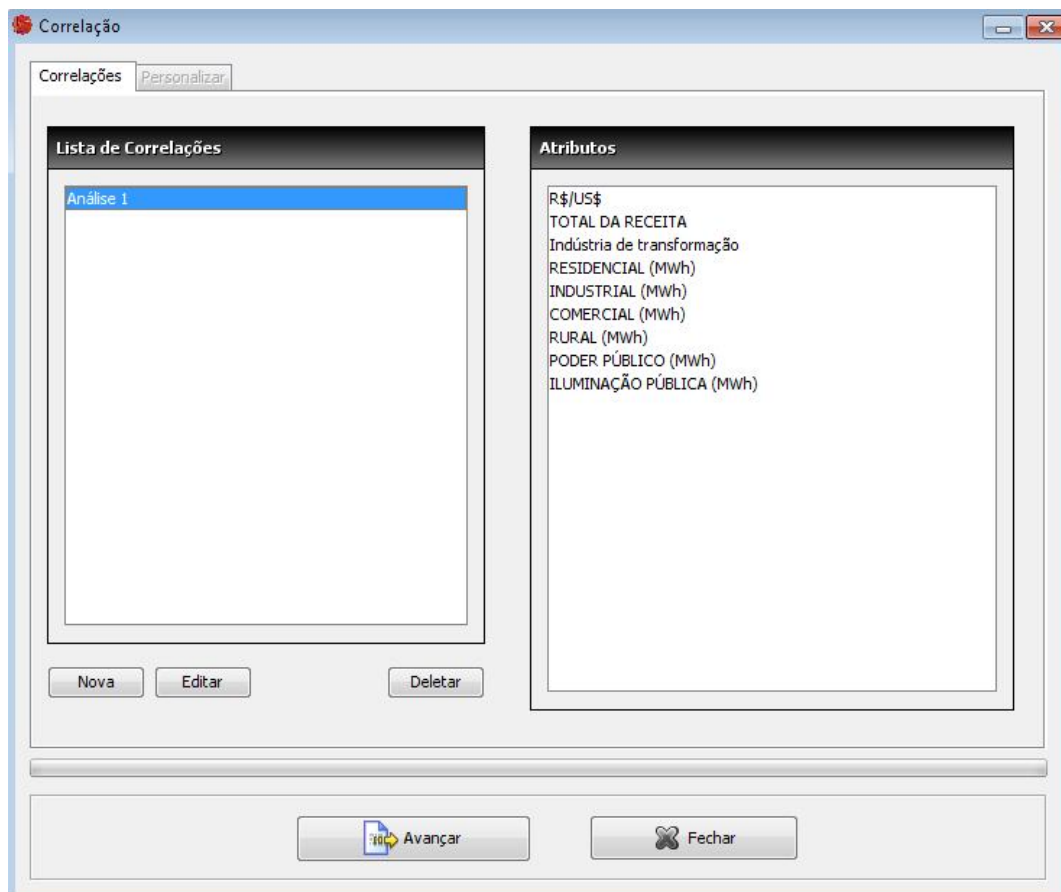
A apresentação dos dados é fiel ao conteúdo obtido através das planilhas, caso haja algum tipo de incoerência na apresentação via software, é aconselhável verificar a planilha de dados.

Módulo de Correlação

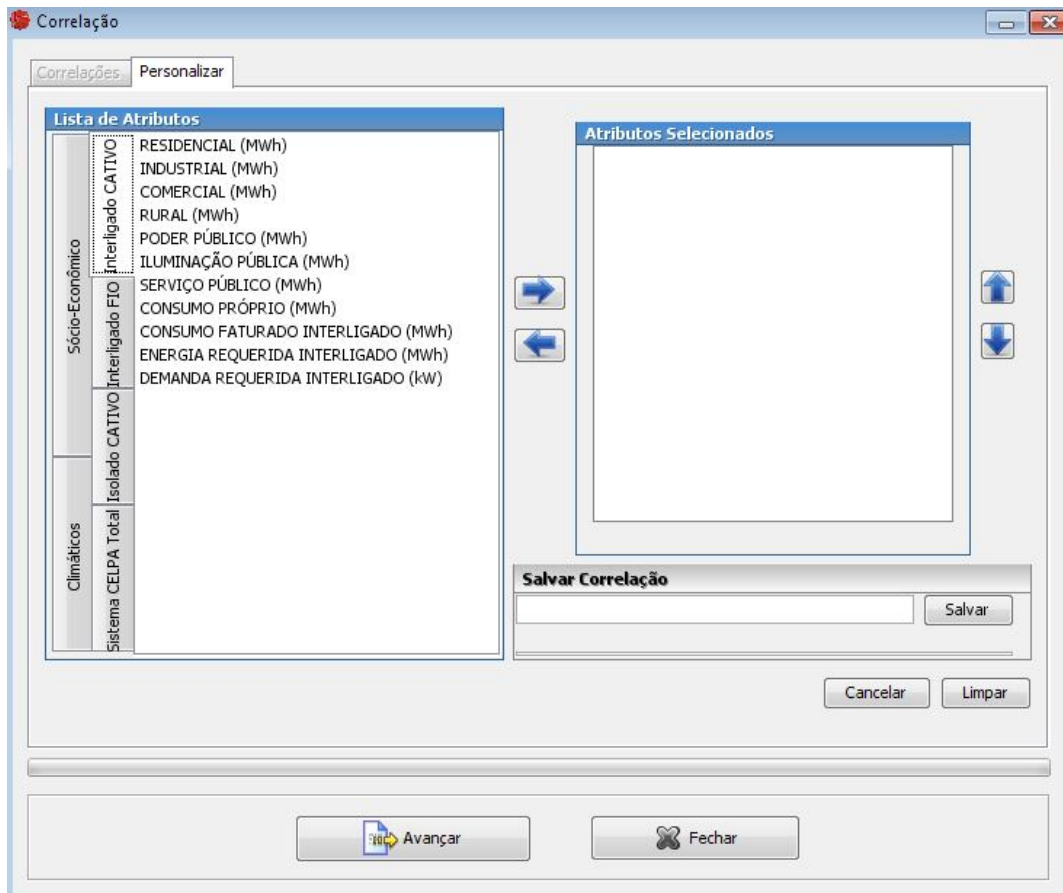
Esse módulo é composto pela Rede Bayesiana(RB), que é uma representação compacta de distribuições de probabilidades conjuntas de um domínio e podem ser entendidas como modelos que codificam os relacionamentos probabilísticos entre as variáveis que representam um determinado domínio.

Esse modelo possui como componente uma estrutura qualitativa, representando as dependências entre os nós, e quantitativa (tabelas de probabilidades condicionais - TPCs desses nós), avaliando, em termos probabilísticos, essas dependências. Juntos, esses componentes propiciam uma representação eficiente da distribuição de probabilidade conjunta do conjunto de variáveis X_i de um determinado domínio.

Na ferramenta PREDICT, tem-se uma interface robusta e interativa para a criação das correlações e análise dos resultados.



Ao clicar em “Nova”, apresenta-se a estrutura para criar a correlação e é importante atentar que nesse momento, a base de dados é lida, e são apresentados os atributos divididos por abas que correspondem às da planilha de dados.



Nesse componente, podem-se adicionar os atributos na lista um de cada vez. Não é permitido multi-seleção.

Abaixo da lista de atributos, há uma barra de status, que mostrará a classe a qual o atributo pertence.

Ao clicar no atributo, logo abaixo verá a qual categoria ele pertence, se o nome da categoria não estiver errado, é aconselhável eliminar o atributo e adicionar novamente.

- Importantíssimo atentar que se essa relação “atributo/categoria” não estiver correta, o software não será capaz de gerar a Rede Bayesiana.

É importante confirmar se os atributos estão corretos antes de “Salvar”, lembrando que para tal, é necessário que seja atribuído um nome para a correlação, onde se aconselha não utilizar caracteres especiais (,!@#\$%^&*()çç).

Na interação com a interface gráfica, o próximo passo é da discretização, onde é possível distribuir o atributo em várias faixas, no entanto, pode-se deixar como padrão (5 faixas) e seguir para a próxima etapa.

Discretização

Nome da Análise:

Análise 1

Consumo

R\$/US\$
TOTAL DA RECEITA
Indústria de transformação
RESIDENCIAL (MWh)
INDUSTRIAL (MWh)
COMERCIAL (MWh)
RURAL (MWh)
PODER PÚBLICO (MWh)
ILUMINAÇÃO PÚBLICA (MWh)

Configuração

Tipo de Discretização

☒ Automática
☐ Personalizada

Menor valor:

Maior valor:

Nº de Faixas:

5

Definir Intervalos

Restaura Padrão

Voltar

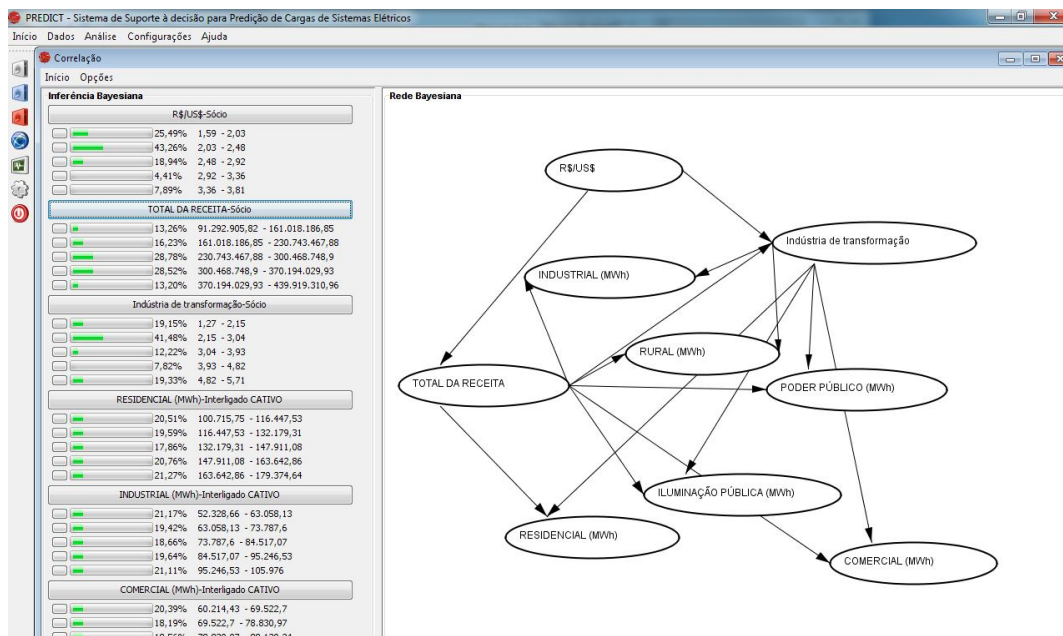
Visualizar Arquivo de Dados

Gerar Rede Bayesiana

Sair

Carregando...

Após ser gerada, a correlação, no lado esquerdo da tela, constam as probabilidades de cada atributo e no centro, o grafo gerado a partir dos relacionamentos extraídos a partir do modelo matemático utilizado para construir a Rede Bayesiana.



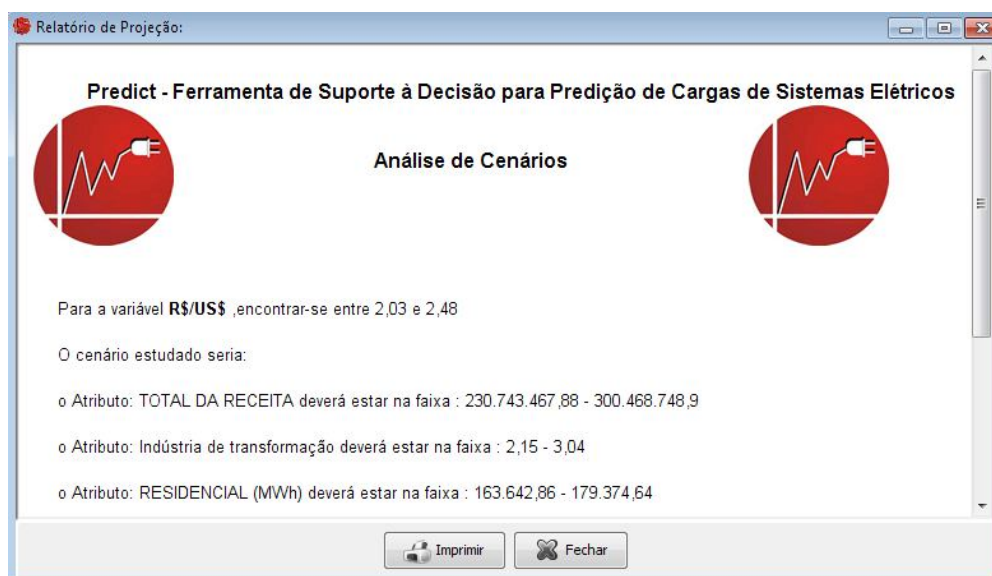
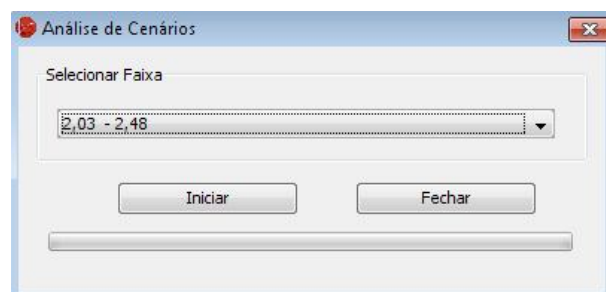
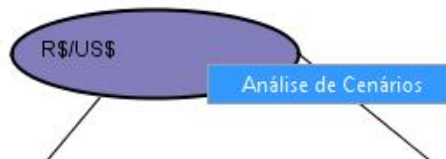
Análise de Cenários

Esse módulo utiliza um algoritmo genético híbrido que resolve de forma robusta um problema de otimização combinatória, encontrando o cenário ideal para os atributos estudados na rede bayesiana.

A resposta que esse modelo proporciona é um resumo ótimo das análises das probabilidades.

Ao clicar com o botão direito do mouse encima do nó na rede e clicando em "Análise de Cenários", escolhe-se a faixa desejada e inicia-se o processo.

Como resultado, esse modelo nos oferece um relatório, contendo o estado em que cada atributo deverá estar para que o valor selecionado esteja em seu estado ótimo (maximizado).



Módulo de previsão

Nesse módulo é possível realizar projeções do consumo de energia elétrica.

No software PREDICT, apresenta-se uma interface gráfica bastante amigável ao usuário, onde é possível encontrar todas as informações necessárias para sua utilização.

Dentre os recursos presentes temos:

- Possibilita de escolher a classe e o tipo de consumo
- Selecionar os anos que serão utilizados pelos algoritmos de previsão
- Possibilita escolher a técnica (algoritmo) que será aplicada na previsão, são elas:
 - Análise da taxa de Crescimento
 - Regressão Multivariada
 - Rede Neural Artificial

A interface gráfica do módulo de previsão do software PREDICT apresenta a seguinte estrutura:

- Parâmetros da Previsão:**
 - Tipo de Consumo:** Dropdown menu com a opção selecionada "Interligado FIO".
 - Nome do Consumo:** Dropdown menu com a opção selecionada "ENERGIA REQUERIDA INTERLIGADO (MWh)".
 - Anos:** Lista de anos de 2004 a 2010, cada um com uma caixa de seleção marcada. Abaixo da lista, há uma opção "Marcar Todos" também marcada.
- Modelo:** Três opções de seleção por rádio:
 - ☒ Análise da Taxa de Crescimento
 - ☐ Regressão Multivariada
 - ☐ Rede Neural Artificial
- Período da Previsão:**
 - Mês Inicial:** Dropdown menu com a opção selecionada "Janeiro".
 - Ano Inicial:** Dropdown menu com a opção selecionada "2008".
 - Mês Final:** Dropdown menu com a opção selecionada "Dezembro".
 - Ano Final:** Dropdown menu com a opção selecionada "2009".
- Botões de Ação:** Localizados na base da janela, incluem "Gerar Previsão" (com ícone de gráfico) e "Fechar" (com ícone de X).

PREDICT - Sistema de Suporte à decisão para Predição de Cargas de Sistemas Elétricos

Início Dados Análise Configurações Ajuda

Relatório de Projeção - Análise da Taxa de Crescimento : ENERGIA REQUERIDA INTERLIGADO (MWh)

Erro Percentual: 0,05%

Período	Dados Históricos(MWh)	Dados Previstos(MWh)	Erro(%)=(Real-Previsto)/Previsto
1/2008	587.698,234	617.680,022	-4,85
2/2008	551.969,264	526.116,167	4,91
3/2008	588.424,626	594.377,784	-1
4/2008	578.795,883	578.405,596	0,07
5/2008	611.329,739	626.935,119	-2,49
6/2008	602.846,641	597.729,953	0,86
7/2008	639.444,071	618.657,533	3,38
8/2008	660.611,15	650.141,466	1,61
9/2008	654.316,478	638.845,629	2,42
10/2008	676.952,775	667.214,312	1,4
11/2008	653.397,74	654.600,122	-0,18
12/2008	652.578,204	648.970,019	0,56
TOTAL	7.457.964,805	7.419.673,722	0,516
1/2009	631.589,575	660.016,256	-4,31
2/2009	562.532,383	560.812,549	0,31
3/2009	633.867,521	633.944,891	-0,01
4/2009	605.703,563	616.412,228	-1,74
5/2009	619.876,194	668.647,952	-7,29
6/2009	621.324,815	636.071,324	-2,32
7/2009	664.803,71	659.232,621	0,85
8/2009	696.772,86	693.706,339	0,44
9/2009	689.261,161	681.629,406	1,12
10/2009	723.041,887	712.239,276	1,52
11/2009	707.932,618	698.729,877	1,32
12/2009	709.322,443	691.468,634	2,58
TOTAL	7.866.028,73	7.912.911,353	-0,592

Mostrar todos Erro Previsao Imprimir Exportar Fechar

O Resultado da previsão consiste em 2 tipos de tabelas, a primeira e mais resumida, possui as seguintes informações:

- Período
- Dados Históricos
 - Obtidos da base de dados
- Dados Previstos
 - Obtidos a partir do algoritmo de previsão
- Erro Percentual
 - Erro resultante da expressão:
 - $(\text{Valor Real} - \text{Valor previsto})/\text{Previsto}$

A segunda tabela, pode ser visualizada ao clicar em: “Mostrar Todos”, no lado direito inferior da tela:



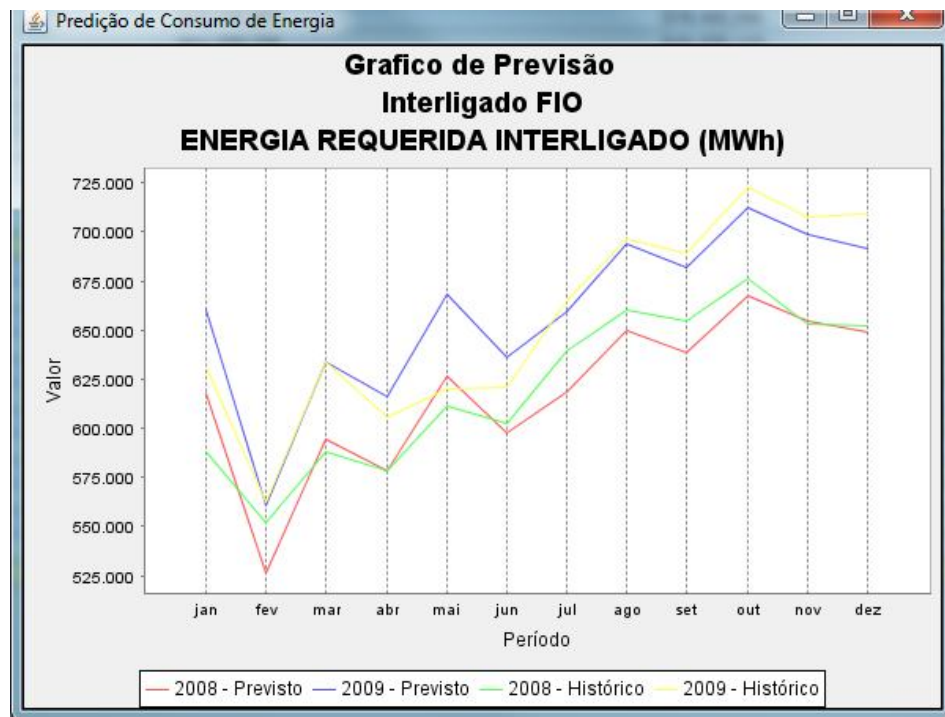
Os dados apresentados são:

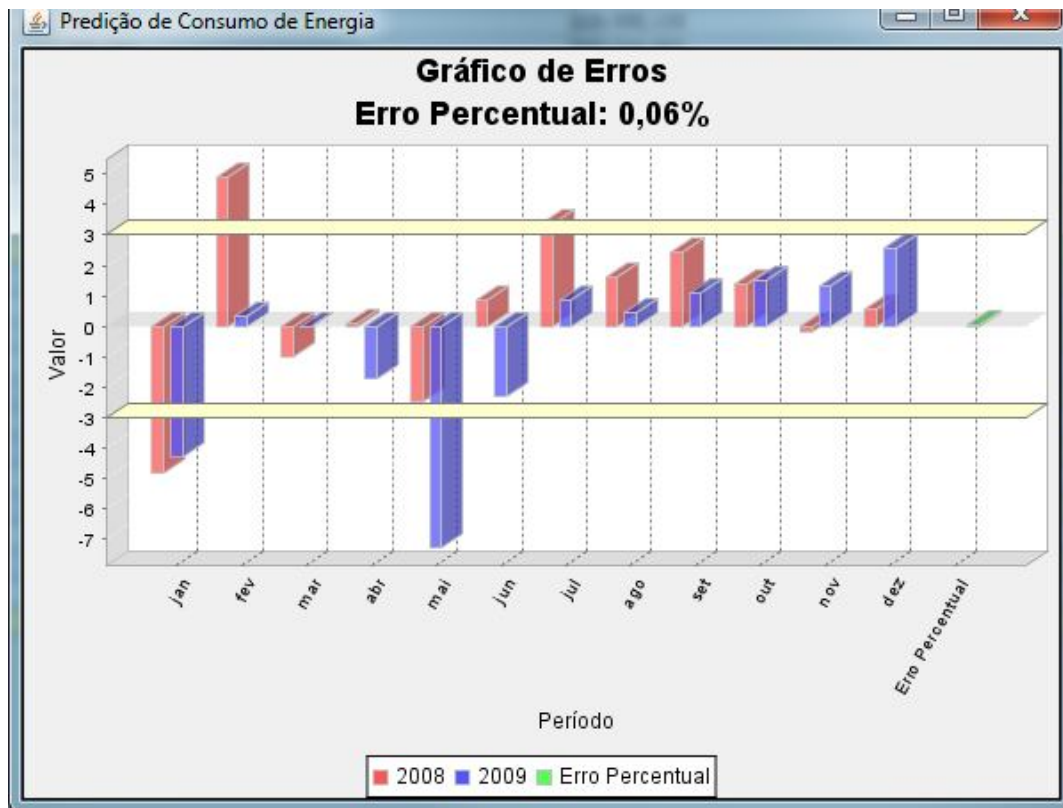
- Período
- Dados Históricos
 - Obtidos da base de dados
- Dados Previstos
 - Obtidos a partir do algoritmo de previsão
- Erro Percentual
 - Erro resultante da expressão:

- $(\text{Valor Real} - \text{Valor previsto}) / \text{Previsto}$
- Real/Previsto
 - Quando o valor do dado histórico for vazio, nesse campo será colocado o valor previsto
- Variação %
 - Valor do mês, dividido pelo mesmo mês no ano anterior, subtraindo 1 do resultado
 - $(\text{valor atual} / \text{valor anterior}) - 1$

Para complementar a análise dos resultados, o software PREDICT, também oferece recursos interessantes como:

- Gerar gráfico a partir dos resultados da projeção
 - Possibilidade de escolher os anos que serão apresentados no gráfico, para que seja verificada, dentre outras coisas, a sazonalidade.
- Gerar gráfico de erros
- Exportar para o Excel
 - Formato Excel 97-2003
- Imprimir relatórios
 - Relatório personalizado, construído a partir do próprio sistema





Conclusão

O PREDICT - Ferramenta de Apoio à Decisão para Previsão de Carga de Sistemas de Energia , foi desenvolvido em conjunto com o governo do Estado do Pará (Estado da Amazônia brasileira), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Grupo Rede Energia (Rede Energia), um conglomerado com alguns dos principais fornecedores de energia no Brasil, visando à implementação de um sistema de apoio à decisão através de modelos matemáticos e de inteligência computacional para estimar a demanda de energia futura e fazer inferências sobre a situação do sistema de energia.

Ao longo dos anos houve grande rotatividade na equipe, o que de modo geral tornou o projeto PREDICT uma referência em ferramentas de suporte à decisão. Além disso, a partir desse projeto, foram feitas várias publicações de artigos científicos, assim como dissertações e teses, que em seu conteúdo abordam o PREDICT das mais variadas formas.