



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Elétrica

SISTEMA ONLINE DE GERENCIAMENTO DE CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA E DEMANDA CONTRATADA,
APLICADO À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Tiago da Costa Pinto d'Avila

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Aprovado por:

Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.- UFRJ
(Orientador)

Hilton Ferreira Magalhães, Msc.- UFRJ
(Co-orientador)

Jose Eduardo Nunes da Rocha - LIGHT S.E.S.A
(Membro da banca examinadora)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março de 2008

“À minha família, namorada, professores, amigos e, sobretudo, a Deus, toda minha gratidão.”

RESUMO

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema *online* para gerenciar o consumo mensal de energia elétrica e a demanda contratada de múltiplas unidades consumidoras da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ao mesmo tempo, apresenta uma revisão do projeto já existente [1] de ferramenta de software para gestão de energia elétrica e demanda da UFRJ, na qual o sistema aqui apresentado se baseia.

O sistema oferece acesso permanente via Internet, de modo compartilhado e diferenciado a múltiplos usuários, e interface amigável estilo “tela-única”. Através de tratamento computacional dos dados históricos, ele permite o cálculo de demanda ótima para contratação, com o objetivo de minimizar o gasto anual com energia elétrica, além de outras funções tais como comparação tarifária, relatórios e gráficos das principais medidas elétricas mensais das unidades consumidoras cadastradas. O sistema permite assim que os gestores da Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PR3) e das unidades consumidoras da UFRJ possam não somente acompanhar a evolução do consumo de energia elétrica, como também planejar as ações futuras, para possibilitar um uso eficiente e racional de energia, obtendo, conseqüentemente, redução de custos para a Universidade.

Utilizando o histórico de contas das unidades da UFRJ como estudo de caso, o uso desse sistema possibilita a visualização do perfil geral de consumo de energia da Universidade e a implantação de um gerenciamento e planejamento centralizados e otimizados de seus limitados recursos orçamentários.

SUMÁRIO

1	Introdução	3
1.1	A UFRJ E O ASPECTO ENERGÉTICO	3
1.2	OBJETIVO DO PROJETO	3
1.3	METODOLOGIA DE TRABALHO	4
1.3.1	<i>Apresentação de Conceitos Institucionais</i>	4
1.3.2	<i>Estudo da norma de fornecimento de energia elétrica</i>	5
1.3.3	<i>Análise da ferramenta existente</i>	5
1.3.4	<i>Desenvolvimento do sistema</i>	5
2	Conceitos institucionais	6
2.1	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)	6
2.2	PRÓ-REITORIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO (PR3)	6
2.3	ANEEL	7
2.4	LIGHT	7
2.5	ENELTEC	8
3	Conceitos da estrutura tarifária brasileira	8
3.1	SAZONALIDADE	9
3.1.1	<i>Horário do dia</i>	9
3.1.2	<i>Período do ano</i>	9
3.2	CLASSES E SUBCLASSES DE CONSUMO	10
3.3	NÍVEL DE TENSÃO	10
3.4	TARIFAS DO GRUPO A	12
3.4.1	<i>Estrutura Tarifária Convencional</i>	12
3.4.2	<i>Estrutura Tarifária Horo-Sazonal</i>	12
3.5	TARIFAS DO GRUPO B	14
3.6	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO TARIFÁRIA	14
4	Indicadores de uso de energia elétrica	15
4.1	FATOR DE CARGA	16
4.2	FATOR DE POTÊNCIA	16
5	Análise da ferramenta anterior	17
5.1	FERRAMENTA ANTERIOR	17
5.1.1	<i>Descrição</i>	17
5.1.2	<i>Tecnologia</i>	17
5.1.3	<i>Funcionamento</i>	17
5.1.4	<i>Melhorias</i>	18
5.2	ANÁLISE ESTRUTURAL DA FERRAMENTA ANTERIOR	19
5.2.1	<i>Aplicação Banco de dados</i>	19
5.2.2	<i>Aplicação Planilha de cálculos</i>	20
6	Desenvolvimento do sistema	22
6.1	DESCRIÇÃO	22
6.2	TECNOLOGIA	22
6.3	FUNCIONAMENTO	23
6.3.1	<i>Atores envolvidos</i>	25
6.3.2	<i>Cadastro de dados</i>	25
6.3.3	<i>Cadastro de Conta</i>	26
6.3.4	<i>Cálculo de Demanda Ótima</i>	27
6.3.5	<i>Comparação entre tarifas</i>	28
6.3.6	<i>Gráficos e Relatórios</i>	28
6.3.7	<i>Permissões e restrições de usuários</i>	29
6.3.8	<i>Administrando usuários</i>	30

6.4	<u>DESENVOLVIMENTO</u>	30
6.4.1	<u>Ambientes</u>	31
6.4.2	<u>Codificação</u>	31
6.4.3	<u>Novas funcionalidades</u>	32
6.4.4	<u>Pontos a melhorar</u>	33
6.5	<u>BENEFÍCIOS</u>	34
7	<u>Estudo de caso – A UFRJ</u>	35
7.1	<u>PERFIL DE CONSUMO</u>	35
7.2	<u>POTENCIAIS MELHORIAS</u>	38
7.2.1	<u>Recontratação de demanda</u>	38
7.2.2	<u>Projetos de eficiência energética</u>	39
7.2.3	<u>Mapeamento de cargas instaladas</u>	39
7.2.4	<u>Instalação de banco de capacitores</u>	39
7.2.5	<u>Instalação de gerenciadores de energia</u>	39
7.2.6	<u>Extensão do sistema</u>	40
8	<u>Conclusão</u>	41
9	<u>Bibliografia</u>	4342
10	<u>Anexo - Manual do Sistema</u>	4544
10.1	<u>INTRODUÇÃO</u>	4544
10.2	<u>DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO SISTEMA</u>	4544
10.2.1	<u>Cadastro de Unidades Consumidoras</u>	4544
10.2.2	<u>Cadastro de Contas de energia elétrica</u>	4645
10.2.3	<u>Cadastro de Preços</u>	4746
10.2.4	<u>Cadastro de Usuários</u>	4847
10.2.5	<u>Associação de usuários e unidades</u>	4847
10.2.6	<u>Cadastro de Instalações Futuras</u>	4847
10.2.7	<u>Cadastro de parâmetros do sistema</u>	4948
10.2.8	<u>Criação de usuários</u>	4948
10.2.9	<u>Associação de páginas do sistema a tipos de usuário</u>	5049
10.2.10	<u>Cálculo de tarifas</u>	5049
10.2.11	<u>Cálculo de Demanda Ótima</u>	5049
10.2.12	<u>Comparação de tarifas</u>	5150
10.2.13	<u>Gráficos</u>	5251
10.2.14	<u>Relatórios</u>	5251
10.2.15	<u>Visualização do log do sistema</u>	5251
10.3	<u>DESCRIÇÃO TÉCNICA DOS ARQUIVOS</u>	5251
10.3.1	<u>Tipos de arquivo</u>	5251
10.3.2	<u>Módulos do sistema</u>	5453
10.3.3	<u>Arquivos secundários do sistema</u>	5958
10.4	<u>REQUISITOS TÉCNICOS PARA INSTALAÇÃO</u>	6261
10.4.1	<u>Hardware</u>	6261
10.4.2	<u>Software</u>	6261
10.4.3	<u>Permissões de pasta</u>	6261

SIGLAS

CONV	Tarifa Convencional
HSV	Tarifa Horo-Sazonal Verde
HSA	Tarifa Horo-Sazonal Azul
ASP	“Active Server Page”
HTML	“HyperText Markup Language”
JS	“JavaScript”
JPG	“Joint Photographic Experts Group”
GIF	“Graphics Interchange Format”
MDB	“Microsoft Data Base“
IIS	“Internet Information Service”
IP	“Internet Protocol”

1 INTRODUÇÃO

1.1 A UFRJ E O ASPECTO ENERGÉTICO

A Universidade Federal do Rio de Janeiro é uma das maiores instituições de ensino superior do país. Com mais de 50 mil pessoas compondo seu corpo docente, discente e servidores, possui elevados gastos com energia elétrica provenientes de suas 39 unidades consumidoras e que equivalem a uma região urbana de 40 mil unidades familiares.

Entretanto sua grandiosidade e diversidade revelam desafios tais como dificuldade de gerenciamento do sistema elétrico, sua baixa eficiência energética, e um comprometimento de quase 30% do orçamento total da Universidade com custeio de energia elétrica [9].

Nesse cenário, iniciativas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) do governo [10], Resolução 492/2002 da ANEEL[3], que estabelece o investimento de 0,5% da receita operacional líquida de concessionárias em programas de eficiência energética, e o *Projeto de Racionalização de Energia da UFRJ* representam importantes instrumentos para disseminação da cultura do uso eficiente dos recursos energéticos. Esses programas de incentivo a investimentos em equipamentos mais eficientes, planejamento energético criterioso, geração própria de energia elétrica e a constante conscientização da comunidade são fundamentais para um melhor aproveitamento da energia. Como consequência, obtêm-se a redução de perdas elétricas, otimização dos contratos de energia das unidades consumidoras junto à concessionária e finalmente a redução do custeio de energia elétrica no orçamento da Universidade.

1.2 OBJETIVO DO PROJETO

Como contribuição à Universidade frente aos desafios supracitados, o presente projeto final de graduação representa a continuação de projeto anterior [1] que desenvolveu uma ferramenta de software para otimização de demandas contratadas em unidades de média tensão, customizada para o caso da UFRJ.

Mantendo o mesmo objetivo final de redução de custos nos contratos de energia com a concessionária, o apresenta-se aqui uma revisão crítica do trabalho anterior e, ainda, um novo sistema é descrito e implementado com acesso via Internet, agregando um objetivo mais geral de dar subsídios à otimização de contratos junto à concessionária e ao gerenciamento energético da UFRJ.

Adicionalmente, o sistema, chamado de *Ferramenta de Gerenciamento de Energia Elétrica Contratada* (FEGELC), também foi desenvolvido para suprir as deficiências e implementar melhorias em relação à ferramenta anterior. Ele constitui um sistema online de uso compartilhado e permanente pelos seus usuários finais, que são os gestores responsáveis da Reitoria, Prefeitura Universitária (através de sua Divisão de Redes – DIREN) e das próprias unidades da Universidade. Desta forma, esta ferramenta pode representar importante alternativa de gerenciamento e otimização dos recursos orçamentários da UFRJ.

1.3 METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia de trabalho consistiu em estudar os conceitos básicos do gerenciamento de energia elétrica e em seguida planejar as etapas necessárias para obter os resultados finais desejados com a nova versão da ferramenta desenvolvida em [1].

Tendo em vista o objetivo de revisar a ferramenta existente para desenvolver nova versão em plataforma online, suas funcionalidades foram mantidas e novas foram criadas como acesso compartilhado e base de dados centralizada, cadastro dinâmico de unidades, preços, contas, instalações, usuários etc., restrições mais rígidas para consistência dos dados inseridos, código aberto com módulos expansíveis, gerenciamento do consumo de energia, otimização de demanda contratada etc.

Para alcançar tal objetivo, o trabalho foi dividido nas seguintes partes:

1.3.1 Apresentação de Conceitos Institucionais

É importante conhecer os termos técnicos que vão servir de base para a formulação de uma ferramenta de otimização a fim de entender os aspectos técnicos da tarifação. Para embasar o trabalho com aspectos mais generalistas e globais, referentes ao mercado energético brasileiro, foi feita uma apresentação das instituições envolvidas neste sistema como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a LIGHT Serviços de Eletricidade S.A., a própria Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com sua Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PR-3) e a empresa colaboradora ENELTEC - Energia Elétrica e Tecnologia.

1.3.2 Estudo da norma de fornecimento de energia elétrica

Para manter a conformidade com a atual norma de condições gerais de fornecimento de energia elétrica [2], Resolução 456/2000 da ANEEL, foram estudados seus conceitos técnicos e comerciais envolvidos no mercado brasileiro de energia entre concessionárias e clientes. Desse modo, as principais definições na norma como estruturas tarifárias, índices e suas respectivas fórmulas, as classificações de sazonalidade, grupo, subgrupo e classe de consumo das unidades consumidoras, regras de contrato, de medição, de faturamento etc. foram consideradas na elaboração deste trabalho. Mais adiante serão apresentados os principais conceitos da estrutura tarifária brasileira.

1.3.3 Análise da ferramenta existente

Concomitantemente com o término do desenvolvimento da ferramenta existente [1] no início de 2007, sua estrutura e uso foram estudados junto com seus autores envolvidos, já com o intuito de transmissão de conhecimento para facilitar o desenvolvimento do presente sistema.

Inicialmente foi analisado o processo global da ferramenta, desde sua tecnologia, seu início com a entrada de dados, seus formulários, seu armazenamento de dados, critérios de tratamento dos dados, segurança das informações, facilidade de uso e a apresentação dos resultados finais. Com esse levantamento prévio das principais características e necessidades de melhorias para nova versão online, foi idealizado o modelo em módulos do novo sistema.

Nessa seção será apresentada uma revisão crítica da ferramenta anterior, apontando vantagens e deficiência e indicando as principais melhorias desenvolvidas neste trabalho.

1.3.4 Desenvolvimento do sistema

O sistema computacional, chamado pela sigla FEGELC, foi desenvolvido desde seu início com tecnologia adequada à sua condição de acesso online e compartilhamento multi-usuário. Sua estrutura de dados foi recriada para garantir a integridade dos dados e permitir a expansão natural das entidades do sistema.

Paralelamente à análise preliminar da ferramenta existente já mencionada, foi iniciado o desenvolvimento em software da estrutura geral de páginas do sistema, independente das peculiaridades do sistema de gestão energética, porém específicas de um sistema online multi-usuário genérico. Tais funcionalidades são: acesso autenticado com senha, *menu* principal

sempre visível, validação de sessão, tratamento de erro, funções de uso geral, implementação gráfica, características estéticas etc.

Na seqüência de evolução do entendimento das melhorias a serem implementadas no sistema, foi estudada e desenvolvida cada funcionalidade de cadastros das entidades, listagens, manual, gráficos, relatórios, algoritmos de cálculos, base de dados etc., em conformidade com os conceitos previstos na norma de fornecimento de energia elétrica [2].

O sistema FEGELC já se encontra instalado na internet, no sítio da PR3 (<http://www.pr3.ufrj.br/pr3>), e pronto para o uso pelos gestores da UFRJ. Seu funcionamento detalhado será explicitado em Anexo, na forma de um manual técnico.

2 CONCEITOS INSTITUCIONAIS

2.1 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, fundada em 1920 pelo então Presidente Epitácio Pessoa, é hoje uma das maiores Universidades do país.

Para se ter uma idéia de suas dimensões, em 2006 seu corpo docente era constituído por 3.156 professores, o corpo discente por 33.313 estudantes de graduação e 14.363 de pós-graduação e o quadro de servidores técnico-administrativos era 8.491. Em termos energéticos, a UFRJ tem um gasto mensal equivalente a uma região urbana de 40 mil unidades familiares.

2.2 PRÓ-REITORIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO (PR3)

A Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PR-3) é o órgão da Reitoria da UFRJ responsável pelos assuntos que concernem à Comunidade Acadêmica, relativos às seguintes atividades:

- Planejamento estratégico;
- Planejamento físico e financeiro;
- Orçamentação;
- Geração de recursos próprios;
- Administração do patrimônio;
- Acompanhamento das fundações universitárias.

Dadas as características da UFRJ de predominância de equipamentos ineficientes, a potencialidade de economia resultante de investimentos em eficiência energética é considerada grande, sendo esta Pró-reitoria interessada direta nesta questão.

2.3 ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal. Sua missão é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

A ANEEL, através da Resolução 492/2002 [3], obriga as concessionárias a investirem em eficiência energética, de acordo com o texto abaixo:

“... Existe a obrigatoriedade de aplicação de recursos, pelas concessionárias ou permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, em programas de eficiência energética, os quais devem ser aplicados de acordo com os regulamentos estabelecidos pela ANEEL ...”

Já em sua Resolução nº 456/2000 [2], a ANEEL estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, com relevância para os seguintes assuntos: definições técnicas, formas de fornecimento de energia, ponto de entrega da energia, classificação das unidades consumidoras, cláusulas contratuais obrigatórias e finalmente formas de medição, contratação e faturamento. Por sua abrangência, importância e alinhamento com as questões discutidas neste trabalho, esta resolução foi amplamente utilizada.

2.4 LIGHT

A LIGHT é uma empresa de distribuição de energia. Sua área de concessão abrange 31 municípios do Estado do Rio de Janeiro, incluindo a capital.

Segundo seu sítio na internet, a empresa tem 3,4 milhões de clientes, tendo sido privatizada em maio de 1996. Atualmente a empresa produz em suas usinas cerca de 18% do total da energia que distribui. O restante vem de Furnas e Itaipu.

Sendo a concessionária responsável pelo fornecimento da UFRJ, a sua importância dentro da “questão energética” da Universidade é grande. Os dados nos quais o presente sistema se baseia são disponibilizados por essa empresa, fornecendo subsídios nos quais este trabalho se fundamenta.

2.5 ENELTEC

A ENELTEC - Energia Elétrica e Tecnologia - foi fundada em 2003, a partir da visão empreendedora de doutorandos do Programa de Engenharia Elétrica da COPPE/UFRJ, e está sediada na Incubadora de Empresas desta universidade desde outubro de 2004.

A empresa realiza consultorias e projetos especiais para o setor elétrico, nas áreas de transmissão e qualidade de energia, operação de sistemas de potência/industriais e energias renováveis. A ENELTEC conta ainda com um departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), responsável por identificar oportunidades de mercado e propor soluções inovadoras.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, a empresa foi contratada para participar da adaptação de código de um dos módulos da ferramenta de software existente para o novo sistema (módulo de Relatórios, vide item 6.3), contribuindo, assim, para o mais rápido andamento e a entrada no ar do sistema no sítio da PR3 na Internet.

3 CONCEITOS DA ESTRUTURA TARIFÁRIA BRASILEIRA

As contas de energia elétrica expedidas pela concessionária fornecem informações importantes sobre o uso de energia elétrica da instalação.

Define-se estrutura tarifária como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de Consumo de Energia elétrica e/ou Demanda de Potência, de acordo com a modalidade de fornecimento.

Dessa forma, é importante definir:

- Demanda de Potência: é medida em quilowatt (kW) e corresponde à média da potência elétrica solicitada pelo consumidor à empresa distribuidora, durante um intervalo de tempo especificado.
- Consumo de Energia: medido em quilowatt-hora (kWh), é a quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de 1 quilowatt (kW) pelo período de uma hora.

As tarifas de Demanda de Potência são fixadas em reais por quilowatt (R\$/kW) e as tarifas de consumo de energia elétrica são fixadas em reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

Existem diferentes formas de tarifação, dependendo de alguns critérios relacionados ao cliente consumidor. São eles:

- Nível de tensão de fornecimento;
- Classes e subclasses de consumo;
- Sazonalidade diária e anual.

3.1 SAZONALIDADE

Excetuando-se o caso da tarifa Convencional, que será comentada no item 3.4.1, as tarifas são segmentadas segundo o período em que a energia é consumida, existindo duas diferenciações: diária, obedecendo às variações decorridas durante as vinte e quatro horas do dia, e anual, obedecendo às diferenças climáticas entre os meses do ano.

Segundo a ANEEL, em sua Resolução nº 456, a segmentação dos chamados postos tarifários é feita da seguinte forma:

3.1.1 Horário do dia

Para fins de tarifação de energia elétrica os seguintes postos horários do dia são estabelecidos:

- Horário de ponta (P): Período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas dos dias úteis, excluindo os sábados, domingos e feriados definidos por lei federal, considerando as características do sistema elétrico;
- Horário fora de ponta (F): Período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

3.1.2 Período do ano

Para fins de tarifação de energia elétrica os seguintes períodos do ano são estabelecidos:

- Período seco (S): 7 (sete) meses consecutivos, de maio a novembro, inclusive;
- Período úmido (U): 5 (cinco) meses consecutivos, de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

Devido a um menor regime de chuvas no período seco, seu preço reflete o maior custo de produção de energia elétrica devido à menor quantidade de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas e à eventual necessidade de geração térmica para complementar o atendimento das cargas.

3.2 CLASSES E SUBCLASSES DE CONSUMO

Para efeito de aplicação de tarifas, os clientes são identificados, segundo sua natureza e finalidade de suas atividades, em classes e subclasses. Atualmente a norma estabelece as seguintes classes e subclasses:

Classes e Subclasses de consumo (ANEEL No 456/2000, Art. 20, [2])

Classes e Subclasses de Consumo
Ia – Residencial
Ib – Residencial Baixa Renda
II – Industrial
III – Comercial, Serviços e outras Atividades
IVa – Rural Agropecuária
IVb – Rural Cooperativa de Eletrificação Rural
IVc – Rural Indústria
IVd – Rural Coletividade Rural
IVe – Rural Serviço Público de Irrigação
IVf – Rural Escola Agrotécnica
IVg – Rural Residencial
Va – Poder Público Federal
Vb – Poder Público Estadual ou Distrital
Vc – Poder Público Municipal
VI – Iluminação Pública
VII – Serviço Público
VIII – Consumo Próprio

3.3 NÍVEL DE TENSÃO

No Brasil, segundo a ANEEL, em seu caderno temático de abril de 2005 [3], as tarifas de energia elétrica estão estruturadas em dois grandes grupos de consumidores: “Grupo A” para alta tensão e “Grupo B” para baixa tensão [2].

Grupo A - Estrutura Binômia (ANEEL N° 456/2000, Art. 2, inciso XXII, [2])

Subgrupos tarifários	Tensão de fornecimento
Subgrupo A1	A partir de 230 kV
Subgrupo A2	88 kV a 138 kV
Subgrupo A3	69 kV
Subgrupo A3a	30 kV a 44 kV
Subgrupo A4	2,3 kV a 25 kV
Subgrupo AS	até 2,3 kV rede subterrânea

Grupo B - Estrutura Monômia (ANEEL N° 456/2000, Art. 2, inciso XXIII, [2])

Subgrupos tarifários (*)
Subgrupo B1 – residencial
Subgrupo B1 – residencial baixa renda
Subgrupo B2 – rural
Subgrupo B2 – cooperativa de eletrificação rural
Subgrupo B2 – serviço público de irrigação
Subgrupo B3 – demais classes
Subgrupo B4 – iluminação pública

(*) Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, salvo definido em ANEEL N° 456/2000, Arts. 79 e 81, [2]

Para cada grupo existem diferentes modalidades de fornecimento, às quais as unidades consumidoras podem ser enquadradas. Atualmente temos as seguintes estruturas tarifárias:

Grupo A
Estrutura Convencional
Estrutura Horo-Sazonal Verde
Estrutura Horo-Sazonal Azul

Grupo B
Estrutura Baixa Tensão

Tabela 2.3: Tarifas de cada Grupo de Tensão

3.4 TARIFAS DO GRUPO A

As tarifas do Grupo A se destinam a consumidores atendidos pela rede de alta tensão, de 2,3 a 230 quilovolts (kV), como descrito no item 3.3, e são constituídas em estrutura binômica (consumo e demanda). Essas tarifas são construídas em três modalidades: convencional, horo-sazonal verde e horo-sazonal azul, e em diversos subgrupos e classes de consumo.

A modalidade tarifária convencional se caracteriza por tarifas únicas de consumo energia e demanda de potência, enquanto que a modalidade horo-sazonal se caracteriza pela aplicação de tarifas diferenciadas para consumo e demanda, de acordo com as horas de utilização do dia (ponta e fora de ponta) e dos períodos do ano (seco e úmido).

Para fins de tarifação do consumidor, além de estabelecida sua modalidade tarifária, o consumidor também é adequado ao subgrupo e classe de consumo. Desse modo, o preço final para cada consumidor, sem contar os impostos, é determinado pelo seguinte conjunto: estrutura tarifária, grupo, subgrupo e classe de consumo.

3.4.1 Estrutura Tarifária Convencional

A estrutura tarifária convencional pode ser aplicada a consumidor atendido em tensão de fornecimento até 69 kV, sempre que tiver contratado uma demanda inferior a 300 kW. Essa tarifa é caracterizada pela aplicação de tarifas únicas de consumo de energia e de demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

- Demanda de potência (kW): tarifa única, qualquer dia ou período do ano;
- Consumo de energia (kWh): tarifa única, qualquer dia ou período do ano.

Esta tarifa é atrativa para clientes que tenham dificuldade em controlar seu consumo e/ou demanda no horário de ponta, cujo preço na estrutura Horo-Sazonal para esse horário é mais alto, funcionando como medida inibidora.

3.4.2 Estrutura Tarifária Horo-Sazonal

As estruturas tarifárias horo-sazonais (verde e azul) diferenciam tarifas para consumo e demanda de acordo com horário do dia e período do ano. Essa diferenciação de preços visa reduzir custos de fornecimento de energia entregue ao consumidor, decorrente da otimização do sistema. Essa estrutura também permite ao consumidor reduzir suas despesas com energia elétrica, desde que ele consiga programar o seu uso. Essa redução poderá ser obtida evitando-se o horário de ponta e/ou deslocando-se o consumo para determinados meses do ano.

3.4.2.1 Estrutura Horo-Sazonal Verde

A estrutura tarifária horo-sazonal verde pode ser aplicada a consumidor atendido em tensão de fornecimento até 69 kV, independentemente da sua demanda contratada (vide Figura 3.2). Essa tarifa é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.

A tarifa Horo-Sazonal Verde tem a seguinte estrutura:

- Demanda de potência (R\$/kW): valor único
- Consumo de energia (R\$/MWh):
 - Um valor para o horário de ponta em período úmido (PU)
 - Um valor para o horário fora de ponta em período úmido (FPU)
 - Um valor para o horário de ponta em período seco (PS)
 - Um valor para o horário fora de ponta em período seco (FPS)

3.4.2.2 Estrutura Horo-Sazonal Azul

A estrutura tarifária horo-sazonal azul pode ser aplicada opcionalmente a consumidor atendido em tensão de fornecimento inferior a 69 kV, e obrigatoriamente em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV, independentemente da demanda contratada (vide Figura 3.2). Essa tarifa é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

A tarifa horo-sazonal azul tem a seguinte estrutura:

- Demanda de potência (R\$/kW):
 - Um valor para o horário de ponta (P)
 - Um valor para o horário fora de ponta (FP)
- Consumo de energia (R\$/MWh):
 - Um valor para o horário de ponta em período úmido (PU)
 - Um valor para o horário fora de ponta em período úmido (FPU)
 - Um valor para o horário de ponta em período seco (PS)
 - Um valor para o horário fora de ponta em período seco (FPS)

3.5 TARIFAS DO GRUPO B

As tarifas do Grupo B se destinam a consumidores atendidos em baixa tensão (inferior a 2,3 kV), para as quais são estabelecidas subgrupos e classes de consumo (vide item 3.2), dentre elas as classes residencial, rural e iluminação pública. Essas tarifas se caracterizam pela estrutura monômnia, com a aplicação de tarifa única (em R\$ / kWh) apenas para o consumo de energia elétrica, considerando que o custo da demanda de potência elétrica já está incluído na tarifa de consumo.

3.6 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO TARIFÁRIA

A fim de obter o menor custo da energia contratada, a opção tarifária deve ter como critério norteador o perfil horo-sazonal de demanda de potência e consumo de energia. Assim, os parâmetros passíveis de tarifação são ilustrados abaixo e seus preços podem ser comparados de acordo com a curva de carga da unidade, preferencialmente, ao longo de um ano, para se enquadrar na tarifa adequada.

<i>Baixa Tensão</i>	<i>Convencional</i>	<i>Horo-Sazonal Verde</i>	<i>Horo-Sazonal Azul</i>
	Demanda	Demanda	Demanda ponta Demanda fora de ponta
Consumo	Consumo	Consumo ponta seco Consumo ponta úmido Consumo fora de ponta seco Consumo fora de ponta úmido	Consumo ponta seco Consumo ponta úmido Consumo fora de ponta seco Consumo fora de ponta úmido

Figura 3.1: Resumo dos parâmetros básicos de tarifação em cada estrutura tarifária

Desse modo, consolidando os critérios definidos pela norma [2] para inclusão tarifária de uma unidade consumidora, são ilustradas na figura abaixo quatro regiões delimitadas pela tensão de fornecimento e demanda de contrato. As setas indicam as possibilidades de transição (opcional ou compulsória) entre tarifas.

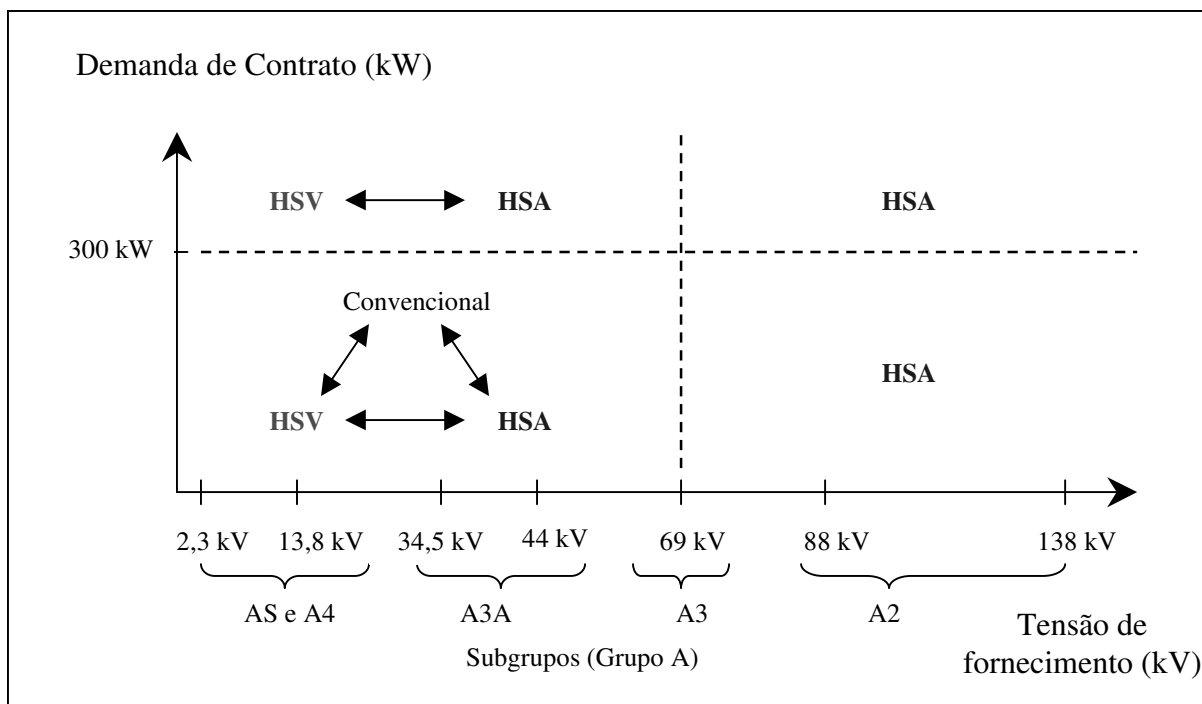


Figura 3.2: Possibilidades de enquadramento tarifário (voluntário e/ou compulsório) em função no nível de tensão de fornecimento (Grupo A) e da quantidade de demanda contratada por uma unidade consumidora. (ANEEL Nº 456/2000, Arts. 53 e 54) [2]

A Figura 3.2 acima mostra quatro regiões definidas pelo nível de tensão e demanda contratada que ilustram as regras básicas de enquadramento tarifário definido pela norma [2]. Entretanto, na situação limite entre as tarifas Convencional e Horo-Sazonal (Verde ou Azul), na qual a demanda medida da unidade oscila a cada mês em torno do limiar de 300 kW, a norma explicita critérios de inclusão opcional ou compulsória em cada tarifa. Esses critérios consideram também o número de ocorrências mensais de demanda medida abaixo e maior ou igual ao limiar em questão.

4 INDICADORES DE USO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os indicadores do uso de energia elétrica constituem importantes valores para a realização de diagnósticos energéticos. Eles permitem um estudo global do perfil de consumo da instalação, possibilitando a determinação do potencial de racionalização de energia elétrica através de comparações com valores típicos obtidos para instalações com características semelhantes.

A referência [1] apresenta mais detalhes sobre indicadores de desempenho de sistemas elétricos, com foco nas Instituições de ensino.

4.1 FATOR DE CARGA

O fator de carga (FC) é uma razão entre a demanda média e a demanda máxima de potência, ocorridas no mesmo intervalo de tempo [2], representando uma porcentagem da demanda máxima de potência, cujo valor está compreendido entre maior do que zero e um, inclusive. A demanda média é obtida pela razão entre energia total consumida (kWh) no intervalo de tempo e seu número de horas (h), como mostrado abaixo:

$$FC = \frac{D_{média}}{D_{máxima}} \quad [\text{Eq.1}]$$

$$FC = \frac{\frac{E_{total}}{N_{horas}}}{D_{máxima}} \quad [\text{Eq.2}]$$

O custo da energia consumida é inversamente proporcional ao valor do fator de carga, constituindo-se, portanto, no mais importante indicador para verificar se a energia elétrica de uma instalação está sendo bem utilizada em relação à sua capacidade instalada de potência. Um valor menor do fator de carga indica concentração de consumo em um curto período de tempo e subutilização das instalações nas horas restantes.

4.2 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência (FP) é a razão entre a energia elétrica ativa (potência ativa “P”) e a potência aparente que é a raiz quadrada da soma dos quadrados das energia ativa e reativa (potência reativa “Q”), consumidas num mesmo período especificado [2]. Pode variar de zero a um [4], e ser indutivo ou capacitivo, e representa o grau de utilização de potência ativa no sistema elétrico, a que realmente realiza trabalho.

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Sistemas elétricos operando com excesso de potência reativa têm maior corrente aparente e, portanto, sobrecarga do sistema elétrico. Nesse caso, é possível um melhor aproveitamento do sistema elétrico com a redução da potência reativa, que aumentará o fator de potência, possibilitando um aumento de potência ativa demandada sem a ampliação de sua capacidade instalada. A cobrança do reativo excedente é um adicional aplicado pela concessionária, justificado pelo fato de que a mesma precisa manter o seu sistema elétrico com um dimensionamento maior do que o realmente necessário.

5 ANÁLISE DA FERRAMENTA ANTERIOR

Como parte necessária ao desenvolvimento do sistema, nessa seção é apresentada uma revisão crítica das principais funcionalidades da ferramenta anterior [1], na qual o presente trabalho está baseado. Essa análise tem como ponto de partida a própria documentação e lista melhorias da ferramenta e, juntamente com seus autores e orientadores, indicou o caminho de desenvolvimento, no novo sistema, de nova estrutura, da propagação das vantagens e correção das deficiências nela encontradas.

5.1 FERRAMENTA ANTERIOR

5.1.1 Descrição

A ferramenta anterior foi criada para ser usada por gestores da PR3. Ela tem o objetivo de calcular a demanda de contrato ótima para cada unidade consumidora cadastrada, através da manipulação dos seus dados de conta. Ela é, portanto, constituída pelos seguintes recursos:

- Dados extraídos da fatura de energia, que são os dados de entrada;
- Algoritmos internos, que são as fórmulas que calculam os valores monetários;
- Campos para simulação;
- Seu manual de funcionamento;
- Gráficos dinâmicos e relatórios, que constituem os dados de saída.

5.1.2 Tecnologia

Com o intuito de facilitar seu uso, seus autores optaram por desenvolvê-la usando banco de dados *Access* e planilhas *Excel*, ambos do pacote *Microsoft Office 2003*.

5.1.3 Funcionamento

A ferramenta é composta por arquivos digitais de banco de dados e planilha integrados entre si. O banco de dados possui formulários para receber e armazenar os dados de conta, exportar dados para a planilha e apresentar gráficos e relatórios. Já a planilha recebe os dados do banco, apresenta-os organizadamente e calcula demandas de contrato para fatura mínima anual das unidades com tarifa Horo-Sazonal Verde.

O diagrama mostrado na Figura 5.1 a seguir resume os componentes e processos da ferramenta:

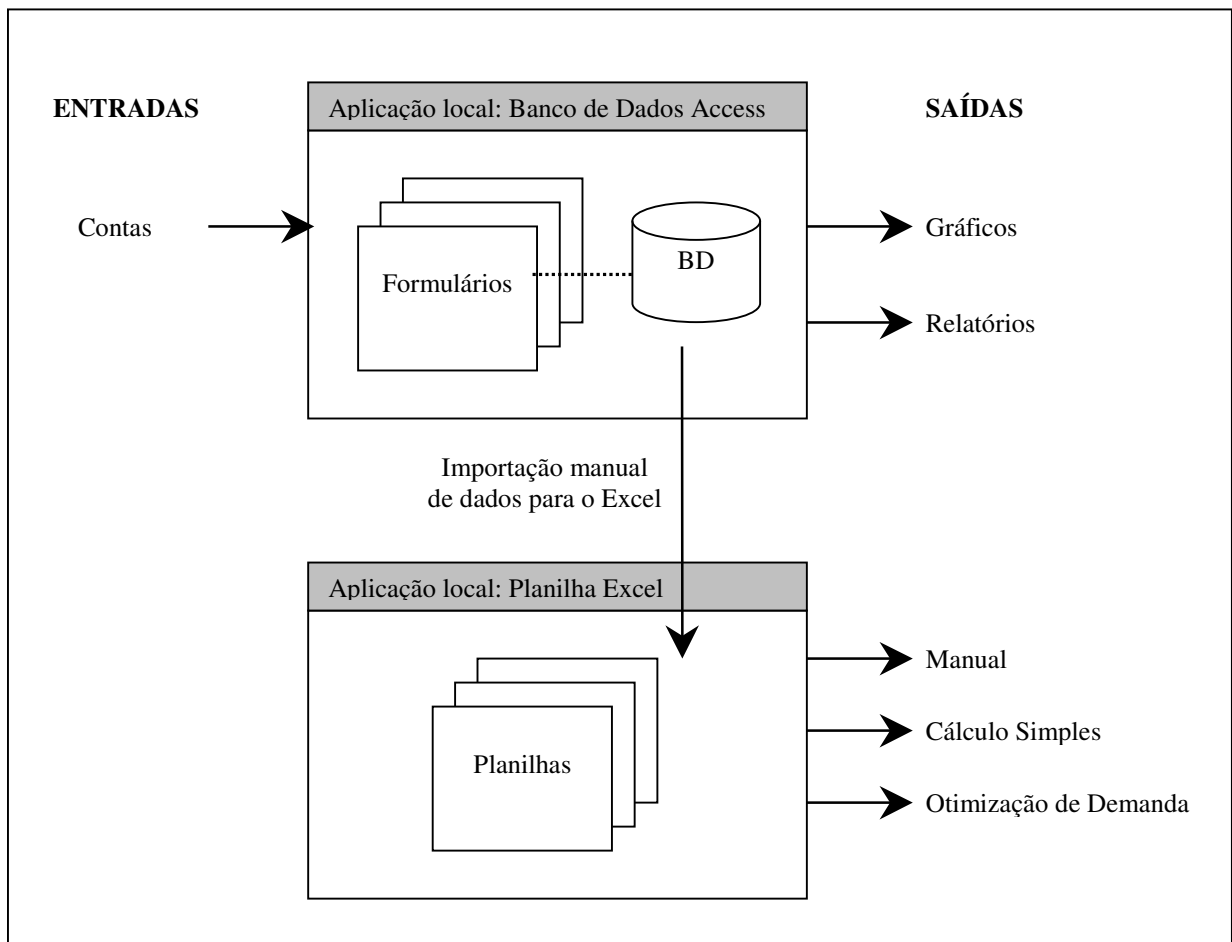


Figura 5.1: Fluxograma funcional de componentes e processos da ferramenta anterior

5.1.4 Melhorias

As melhorias propostas no projeto anterior são listadas abaixo:

- Migração da ferramenta para acesso via internet, para facilitar o acesso;
- Instalação de gerenciadores de energia coordenados por software para obter medidas elétricas em tempo real independente das contas de energia da concessionária;
- Inclusão de novos gráficos e relatórios;
- Implementação de controle eficiente de expansão de cargas pela gestão da informação de novas instalações e equipamentos.

5.2 ANÁLISE ESTRUTURAL DA FERRAMENTA ANTERIOR

A estrutura da ferramenta apresenta boa integração entre planilha e banco de dados, pois seus dados são facilmente consultados, manipulados de forma simples e intercambiados sem a necessidade de conhecimentos avançados em bases de dados. Entretanto, além de permitir somente uso individual de uma aplicação local, sem acesso por outras pessoas, ela requer que a entrada de dados seja feita diretamente no banco, porém que as saídas sejam obtidas do banco e também da planilha, como mostrado na figura 5.1.

Outra correção a ser feita é na nomenclatura dos grupos e subgrupos tarifários, que são chamados “Classe” e “Sub-Classe” na aplicação, para manter conformidade com os termos na norma [2].

5.2.1 Aplicação Banco de dados

Como ponto inicial do uso da ferramenta, a aplicação banco de dados carrega automaticamente formulários para entrada de dados de conta e para extração de gráficos e relatórios.

Como principal deficiência do banco está a ausência de integridade referencial e a falta de padronização de nomes de campos e grandezas. A integridade referencial garantiria o relacionamento válido entre campos do mesmo tipo de dados e a propagação automática de atualizações e exclusões de registros relacionados. Tais detalhes podem comprometer a consistência dos dados inseridos, visto que não há restrições para, por exemplo, fator de carga maior que um. Esse controle, porém, pode ser implementado refazendo-se a estrutura de tabelas.

5.2.1.1 Entradas

A entrada de dados está limitada às contas de energia, e, portanto, não considera novas unidades, preços de tarifa ou reajustes. Tais modificações devem ser digitadas manualmente nas tabelas.

As vantagens dessa implementação são a navegação relativamente fácil entre formulários, e o acesso às saídas gráficas diretamente da tela principal e da tela de inclusão de contas. Essa aplicação permite a inclusão dos dados de contas com as tarifas praticadas pelas atuais unidades consumidoras da UFRJ, que são: Baixa Tensão, Convencional e Horo-Sazonal

Verde. A tarifa Horo-Sazonal Azul, não usada na UFRJ, não é considerada na estrutura de armazenamento das contas.

As principais deficiências gerais são listadas abaixo:

- Busca deficiente por registros de conta específicos a partir de uma unidade ou de um tipo de tarifa desejado;
- Desalinhamento, excesso de siglas e falta de ordem de tabulação dos variados campos dos formulários, expressos em diferentes unidades;
- Ausência de integridade referencial nos campos das tabelas.

Esses aspectos tornam lenta, pouco interativa e por vezes incerta a digitação dos dados, que são os insumos básicos para o tratamento computacional, obtenção dos resultados e a eventual conferência de dados gráficos. Futuramente a digitação dos dados poderá ser substituída pela importação automática dos dados de conta provenientes diretamente da Light ou das leituras das próprias subestações da Universidade.

5.2.1.2 Saídas

Os gráficos exibem os dados com muita clareza, entretanto sua customização para variáveis diferentes exige do usuário conhecimentos mais avançados em Access. Já os relatórios, com as mesmas qualidades, só podem ser gerados para todas as unidades de uma vez, usando todos os dados, ou seja, sem a possibilidade de escolha de um período de tempo determinado.

Para o cálculo de otimização de demanda na planilha associada, os dados de conta precisam ser gerados manualmente pelo usuário, fora das telas customizadas, através da execução de uma consulta de banco existente. Além disso, o critério de busca dos dados a serem exportados em base mensal traz somente os valores de consumo, demanda etc. do ano de 2005. Esse critério restringe a análise de tendências de crescimento mostradas pela visão do histórico de outros anos, pois impõe alteração manual do ano em questão.

5.2.2 Aplicação Planilha de cálculos

A planilha de cálculos constitui o segundo arquivo integrado da ferramenta em questão, como já mostrado na figura 5.1. Ela é responsável pelo tratamento de dados da ferramenta e

as características práticas e limitações da estrutura de telas e do cálculo otimizado são descritos a seguir.

5.2.2.1 Estrutura de telas

A aplicação em Excel é constituída de abas cujas telas contêm links visíveis umas para as outras. Essas abas apresentam telas tais como manual do usuário, que descreve com usar a aplicação, menu principal, que permite acesso a quase todas as telas, e informativos sobre tarifas, unidades, cálculo simplificado, que permitem consulta e simulação de preços. Uma outra aba retém os dados importados manualmente do banco, usados como base dos cálculos e, finalmente, uma seqüência de abas para cada unidade com tarifa Horo-Sazonal Verde da UFRJ, consolidando todos os seus respectivos dados.

5.2.2.2 Cálculo otimizado de demanda

Para o cálculo otimizado de demanda contratada, os dados de conta (consumo, demanda, valores a pagar etc.) precisam ser importados do banco através da execução de uma macro no Excel. Os dados são obtidos na base de 12 meses e gravados em aba específica e referenciados em cada aba de unidade consumidora, onde o cálculo otimizado é feito. O critério de busca dos dados é fixo, pois traz os dados mensais do ano de 2005, o último ano com contas cadastradas.

Ativando as abas de unidades consumidoras, o usuário pode realizar o cálculo otimizado para aquela unidade através do botão “Calcular Menor Valor Contratado”. Usando os dados da mesma unidade, esse botão dispara uma macro com algoritmo numérico para obter, através da minimização da fatura anual, duas demandas de contrato: a do período seco e a de período úmido. Apesar do excelente gráfico anual de fatura vs demanda contratada exibido, a estrutura descrita apresenta as seguintes limitações:

- A importação manual dos dados via macro traz riscos como a gravação dados na aba corrente, e a possibilidade de alteração direta dos dados importados;
- O critério de busca de dados é fixo nos dados do ano de 2005. Para executar a otimização com dados de outros anos, é necessário alterar o valor do ano filtrado pela consulta “Export para Excel 2”.
- O cálculo otimizado necessita da instalação de suplemento de software (SOLVER) no Excel, cujo algoritmo é desconhecido e nem sempre converge. Essa dependência introduz incertezas nas demandas obtidas.

- Os preços praticados pelo cálculo são fixos, impossibilitando uma análise mais acurada dos resultados com novos preços de tarifas.

6 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

A elaboração do sistema aqui descrito foi o objetivo principal do presente trabalho. Ele foi denominado “Ferramenta de Gerenciamento de Energia Elétrica Contratada” (FEGELC), e tem por base a recriação de ferramenta já existente [1] de análise e planejamento energético.

Como subsídios fundamentais ao seu desenvolvimento, sob forma de especificações e novas idéias, além da análise do funcionamento da ferramenta anterior, estão o contato freqüente com futuros usuários do sistema para sondagem de necessidades e desafios inerentes ao gerenciamento de contas e otimização de demandas.

Nesse capítulo serão apresentados a descrição geral do sistema, seus componentes e processos, a tecnologia utilizada para desenvolvê-lo, o funcionamento de cada módulo, os atores envolvidos, os detalhes de como ele foi codificado e, finalmente, os principais benefícios implementados em relação ao trabalho anterior.

6.1 DESCRIÇÃO

A presente ferramenta centraliza numa única base de dados o histórico de unidades consumidoras, suas contas de energia, preços de tarifas, usuários, instalações futuras nas unidades e alterações no sistema. Seu acesso é *online* e concedido com usuário e senha pelos administradores do sistema, da PR-3.

A principal entrada do sistema é o cadastramento sistemático das contas de energia de cada unidade consumidora. As entradas secundárias são cadastros das unidades, preços, usuários, instalações futuras, e parâmetros do sistema.

As principais saídas do sistema são o cálculo de demanda ótima, comparação entre tarifas, gráficos e relatórios.

Maiores detalhes sobre seu processo de desenvolvimento, ambientes, tecnologia utilizada e funcionamento detalhado serão apresentados a seguir.

6.2 TECNOLOGIA

A presente ferramenta foi desenvolvida com o objetivo de ser utilizada principalmente por gestores das unidades consumidoras e seus assistentes diretos para a centralização segura dos dados de conta. Além disso, ela também foi criada prevendo acesso público a inúmeros usuários, via Internet, para consulta dos dados da Universidade.

Aliando tal necessidade de acesso e os conhecimentos adquiridos pelo autor em desenvolvimento de software, a ferramenta foi desenvolvida com as seguintes tecnologias:

- **Tecnologia:** sistema cliente-servidor de páginas ASP [15][24], codificadas nas linguagens interpretadas de programação *Vbscript*[24], *Javascript*[24], HTML (*Hyper Text Markup Language*) [24] e SQL (*Structured Query Language*) associado a um arquivo de banco de dados Microsoft Access[16], rodando em ambiente Windows;
- **Aplicativos utilizados:** Macromedia DreamWeaver 8, para codificação das páginas; Microsoft Access 2003, para a criação do banco de dados; e SmartFTP 2.5, para o envio do sistema para servidores remotos para teste na Internet.

De forma simplificada, o sistema é composto por um banco de dados e por arquivos codificados simultaneamente nas três linguagens supracitadas. A linguagem *Vbscript*, interpretada pelo servidor (local ou remoto), foi utilizada para implementar os algoritmos diversos (gráficos, busca de dados no banco, cálculos iterativos etc) e a geração dinâmica de código em HTML que exhibe os formulários nas telas do sistema. A linguagem HTML, por sua vez, interpretada pelo navegador local, também foi utilizada para montagem das estruturas das páginas (menu principal, cabeçalho, rodapés, tabelas etc). A linguagem *Javascript*, interpretada pelo navegador local, foi utilizada para implementar crítica de valores preenchidos, alertas ao usuário, comportamento de botões, caixas de texto e de seleção e cliques do mouse em geral. Por fim, a linguagem SQL, interpretada pelo banco de dados no servidor (local ou remoto), foi utilizada para a montagem de consultas ao banco de dados, incluindo busca, inserção, atualização e exclusão de seus registros.

6.3 FUNCIONAMENTO

O sistema FEGELC é constituído de um arquivo de banco de dados, algumas imagens e cinquenta arquivos *script* interrelacionados. Sua apresentação é feita por menu principal, com todas as funcionalidades disponíveis e sempre visível na tela, que facilita o uso por pessoas

mesmo sem conhecimentos de scripts ou banco de dados. Seu manual de usuário está sempre acessível, sem a necessidade de usuário e senha. Suas funcionalidades básicas são:

- Entradas: Cadastro de dados (Unidades, Contas, Usuário, Preços etc)
- Saídas: Cálculo de Demanda Ótima, Comparação entre tarifas, Gráficos e Relatórios

O diagrama mostrado na Figura 6.1 a seguir resume os componentes e processos do sistema:

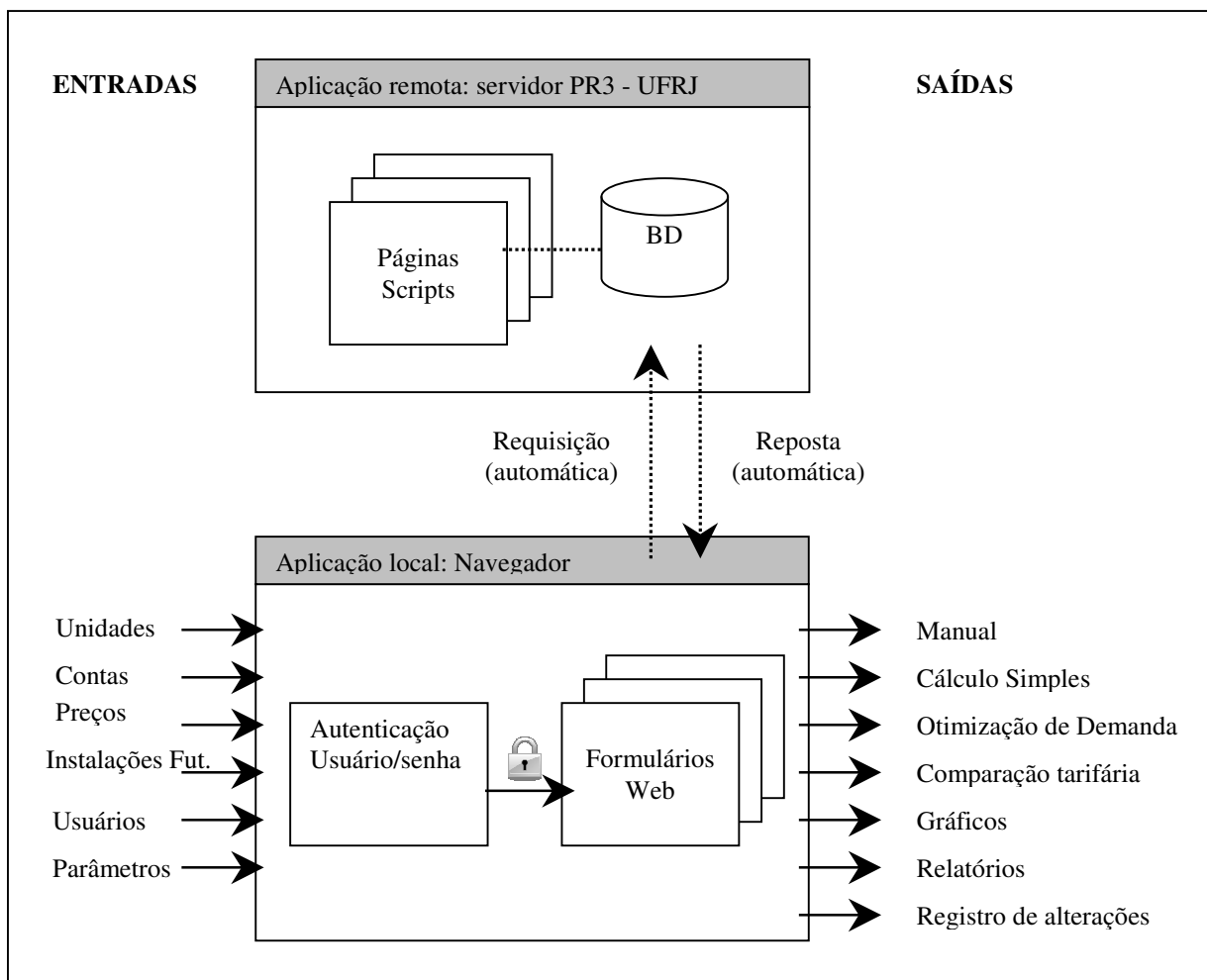


Figura 6.3.1: Fluxograma funcional de componentes e processos do sistema FEGELC

Comparando o presente fluxograma com o fluxograma da ferramenta anterior, mostrado na figura 5.1, percebe-se as seguintes vantagens no novo sistema:

- Acesso mais seguro com autenticação de usuário com senha;
- Centralização das entradas e saídas numa mesma aplicação local com navegador de Internet;
- Banco de dados não mais acessado diretamente, ficando invisível ao usuário, melhorando a segurança dos dados;

- Possibilidade de cadastro de unidades, usuários, preços e instalações futuras;
- Adição de mais saídas, como comparação tarifária e recursos de gerenciamento da aplicação;

6.3.1 Atores envolvidos

A segurança de acesso e a consistência na manipulação de dados foram prioridade no desenvolvimento do sistema FEGELC, especialmente no que concerne a usuários e permissões.

Para uma melhor visualização das correspondências entre os atores reais que usarão o sistema, os tipos de usuários disponíveis e seu grau de restrição às funções, foi montada a figura abaixo:

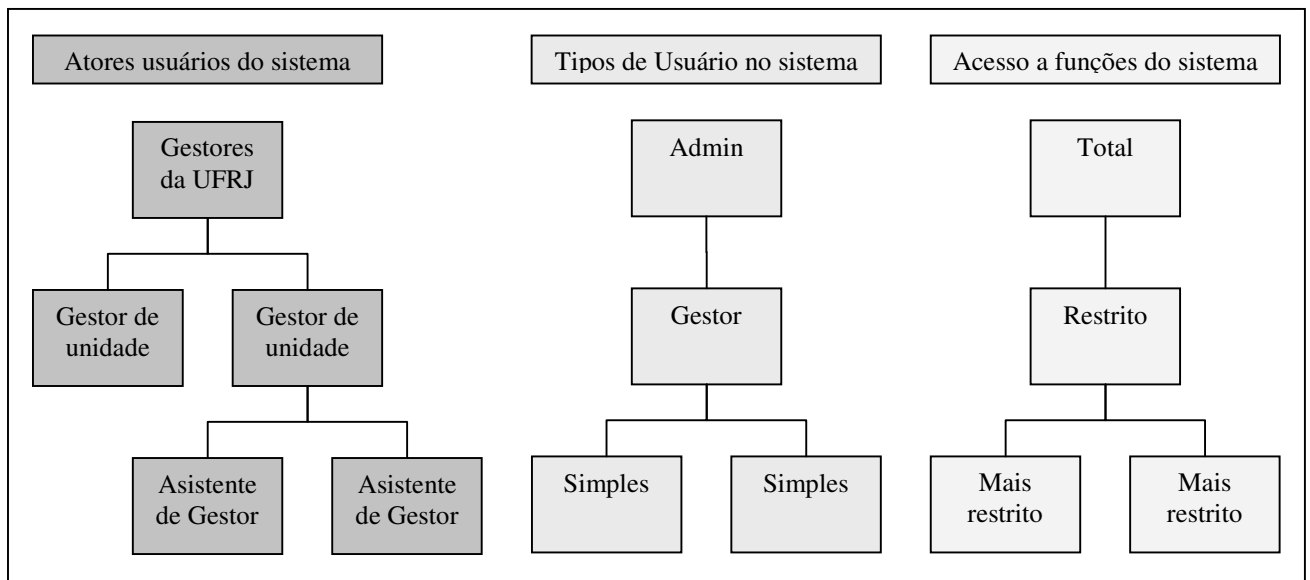


Figura 6.3.2: Correspondência entre atores-usuários, tipos de usuário disponíveis e acesso às funcionalidades do sistema FEGELC

Na figura acima, percebe-se a hierarquia de acesso e restrição começando pelo topo ocupado pelos gestores da UFRJ (PR3 e Prefeitura Universitária), que são os administradores do sistema, seguidos dos gestores das unidades (decanos e superintendentes de unidade), e usuários simples coordenados por gestores.

6.3.2 Cadastro de dados

O cadastro dos dados é feito através de vários módulos do sistema (vide 10.3.2.6 a 10.3.2.11). Compostos por formulários simples, com botões, campos texto e caixas de

seleção, essas telas permitem a **inclusão, edição e eventual exclusão de registros** de conta, unidade, preço, usuários e instalações futuras.

Os módulos de conta e unidade poderão ter todos os seus campos editados a qualquer momento, sem restrição. Entretanto, por medida de segurança, os módulos de usuários, preços e instalações futuras terão sua edição restrita a apenas alguns campos.

Unidades ou prédios da UFRJ podem ser consultados e incluídos	
Unidade	CT
Nome	Centro Tecnologia
Abreviação	CT
Grupo tarifário	Grupo A
Tipo de Tarifa	Horo Sazonal Verde
Sub-grupo	A4
Classe	Poder Público Federal

Salvar Apagar Cancelar

Figura 6.3.3: Exemplo da tela de Cadastro de Unidades, durante a edição da unidade CT

No módulo de cadastro de usuário, os usuários dos tipos Gestor e Simples, uma vez criados não podem, por medida de segurança, editar seus próprios tipos de usuário. Na mesma linha, os preços, uma vez inseridos para um grupo, subgrupo, tarifa e classe de consumo, não poderão ter esses campos editados. Somente seu nome e valores poderão ser editados. E, finalmente, as instalações futuras, depois de inseridas, não poderão ter sua unidade consumidora alterada.

6.3.3 Cadastro de Conta

Um dos módulos centrais do sistema FEGELC, que apresenta as funcionalidades para o cadastro de contas de energia (vide item 10.2.2), foi desenvolvido visando suprir as limitações encontradas na ferramenta anterior (vide item 5.2), e ainda adicionar mais recursos. Essa tela foi criada com os seguintes objetivos:

- Facilidade e rapidez de inclusão, edição, exclusão e consulta de contas de energia de quaisquer unidades consumidoras;
- Facilidade e praticidade na digitação das contas de energia, em formulários com campos alinhados e bem descritos, cálculo automático de valores a pagar e possibilidade de aplicação de preços já cadastrados;

- Segurança e controle para acesso de usuários somente a contas de suas unidades associadas (vide item 10.2.5);
- Consistência de contas, para evitar o cadastro de mais de uma conta por unidade por mês por ano, mesmo se a unidade mudar de tarifa.

Cadastro de conta de energia elétrica

Tipo de tarifa da conta: Horo Sazonal Verde

Unidade: CT

Ano: 2007

Mês: Dezembro

Preço (opcional): -Selecione-

Contas cadastradas:

- HSV: 2002(12)
- 2007(12)

Figura 6.3.4: Início da tela de Cadastro de Contas, durante a edição de conta da unidade CT

6.3.4 Cálculo de Demanda Ótima

O módulo de cálculo de demanda ótima é uma das principais saídas do sistema. Nele pode-se comparar o resultado da contratação real de demanda em um dado ano com o resultado calculado pela otimização de demanda contratada no mesmo período. Para tal análise, são mostrados gráficos e tabelas comparativas, assim como o valor da redução potencial na fatura anual.

Essa tela permite a otimização, em alguns segundos, da demanda contratada de cada unidade com tarifa Horo-Sazonal Verde cadastrada. As seguintes opções estão disponíveis para o cálculo:

- Ano base: Selecionar o ano cujos dados de conta serão usados na otimização. Eventuais contas mensais ausentes nesse ano serão buscadas do ano anterior para o mesmo mês;
- Preço: Selecionar o preço a ser aplicado para simular o valor da fatura;
- Tolerância de ultrapassagem: Preencher o percentual de tolerância aplicado à demanda contratada, até o qual não é cobrada tarifa de ultrapassagem, cujo preço é cerca de três vezes maior do que o da tarifa normal.

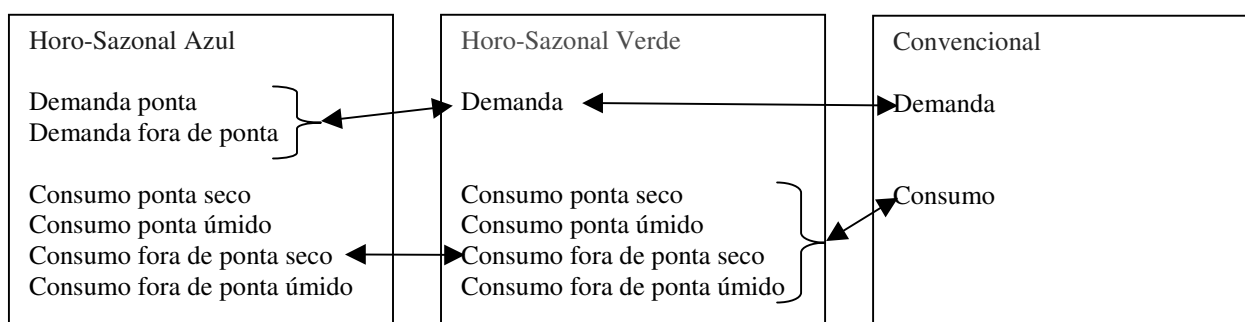
Como resultado do cálculo otimizado, é mostrada na figura 6.3.5 uma tabela comparativa de cada parâmetro da fatura, na situação real e na otimizada.

Unidade Consumidora	CT - Centro Tecnologia	
	Real	Otimizado
Demanda de Contrato (kW)		
Período Seco	4100	5.002,1
Período Úmido	4700	5.472,1
Custo anual (R\$/ano)		
Energia	R\$ 5.532.698,34	R\$ 5.532.698,34
Energia Reat. Exced. UFER	R\$ 362.270,89	R\$ 362.270,89
Demanda Contratada	R\$ 933.691,88	R\$ 1.145.661,40
Demanda de Ultrapass.	R\$ 519.922,42	R\$ 51.189,32
Demanda de Reativo	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total Fatura Anual	R\$ 7.348.583,53	R\$ 7.091.819,95
Redução estimada na fatura		R\$ 256.763,58

Figura 6.3.5: Tabela de resultado comparativo da Otimização de Demanda Contratada

6.3.5 Comparação entre tarifas

Esse módulo do sistema (vide 10.2.11) compara o valor da fatura anual de energia de uma unidade simulando-a com preços de diferentes tarifas. Seu algoritmo usa os dados de conta dos últimos 12 meses da unidade, aplicando-os na fórmula de cálculo das tarifas Convencional, Horo-Sazonal Verde e Horo-Sazonal Azul segundo determinados critérios, para poder comparar gastos em cada tarifa e investigar possível mudança de tarifa para economia nas futuras faturas. Os critérios para aplicação de preços em contas de tarifas diferentes são indicados no quadro abaixo.



Quadro 6.3.1 – Correspondência entre medidas de cada estrutura tarifária para comparação

6.3.6 Gráficos e Relatórios

Os gráficos e relatórios do sistema, já pré-configurados através de código, permitem exibição e exportação dos dados de conta no tempo, para cada unidade e para todo o conjunto de unidades consumidoras. A exportação é feita diretamente para uma planilha Excel, com o objetivo de permitir manipulação personalizada dos dados de conta.

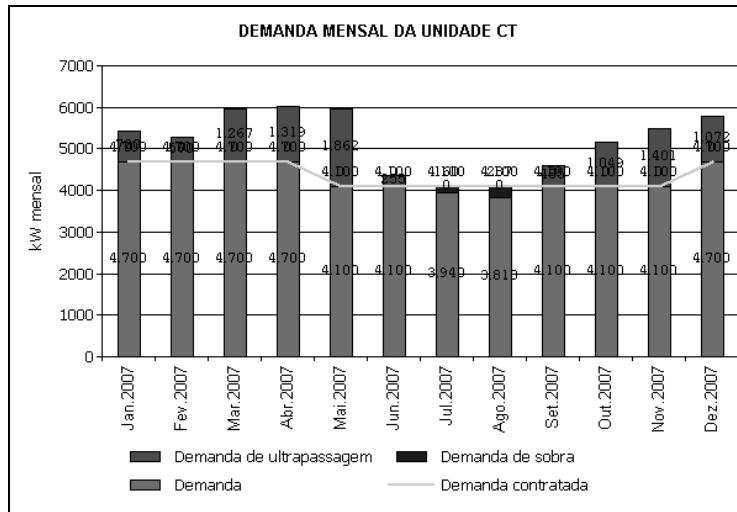


Figura 6.3.6: Gráfico de demanda gerado pelo sistema FEGELC

6.3.7 Permissões e restrições de usuários

Como mostrado na figura 6.2, por questões de segurança devido ao uso compartilhado do sistema, cada tipo de usuário tem diferentes permissões e restrições em cada módulo.

6.3.7.1 Unidades

Gestor tem acesso à listagem de todas as unidades e ao cadastro relativo à(s) sua(s) unidade(s) associada(s). Simples tem acesso à listagem de todas as unidades;

6.3.7.2 Instalações Futuras

Gestor tem acesso ao cadastro relativo à(s) sua(s) unidade(s) associada(s). Simples tem acesso de leitura e inserção no cadastro relativo à(s) sua(s) unidade(s) associada(s).

6.3.7.3 Usuários

Gestor tem acesso ao seu próprio cadastro. Simples tem acesso ao seu próprio cadastro.

6.3.7.4 Contas

Gestor e Simples têm acesso ao cadastro completo relativo à(s) sua(s) unidade(s) associada(s).

6.3.7.5 Preços

Gestor não tem restrições no cadastro de preços. Simples tem acesso de leitura e inserção de preços.

6.3.7.6 Compara Tarifas

Gestor e Simples não têm restrições na comparação de tarifas de quaisquer unidades disponíveis.

6.3.7.7 Cálculo de Demanda

Gestor e Simples têm acesso ao cálculo relativo à(s) sua(s) unidade(s) associada(s).

6.3.7.8 Relatórios

Gestor e Simples não têm restrições na emissão de relatórios de quaisquer unidades disponíveis.

6.3.7.9 Gráficos

Gestor e Simples têm acesso aos gráficos relativos à(s) sua(s) unidade(s) associada(s).

6.3.8 Administrando usuários

O uso prático do sistema por seus usuários administradores requer a adequada criação e administração de seus diferentes usuários e de suas associações às unidades consumidoras que lhe competem.

Os usuários administradores, que têm acesso a todos os recursos do sistema, podem criar usuários Administradores, Gestores e Simples. Os usuários Gestores, que têm acesso restrito às funções relacionadas às suas unidades associadas e seus eventuais usuários Simples, podem criar usuários Simples. As unidades associadas desses usuários Simples serão um subconjunto das unidades associadas ao seu usuário Gestor. Os usuários Simples, por sua vez, têm ainda mais restrições do que o Gestor, pois não podem criar usuários nem se associar a unidades.

Maiores detalhes sobre criação de usuários são descritos no manual do sistema em Anexo no item 10.2.

6.4 DESENVOLVIMENTO

A criação do sistema FEGELC foi feita em várias etapas e utilizando-se de vários recursos. A codificação e os testes unitário, para alterações isoladas, e teste completo, para funcionamento integrado, aconteceram simultaneamente por ter sido feito unicamente pelo autor. A exceção é o módulo de Relatórios, que foi desenvolvida em parceria com a ENELTEC.

Nesse capítulo serão mostrados os ambientes criados para os testes, o processo de codificação do banco e das páginas *script* e um resumo das novas funcionalidades desenvolvidas.

6.4.1 Ambientes

Durante o desenvolvimento do sistema, para uma evolução mais firme dos novos recursos, o mesmo foi sendo testado paralelamente em três ambientes diferentes: ambiente de desenvolvimento, onde usuário (cliente) e aplicação (servidor) estão na mesma máquina, e ambiente de teste e de produção, onde usuário e aplicação estão em máquinas diferentes e se comunicam através da Internet.

As figuras abaixo ilustram os ambientes de desenvolvimento, no qual o sistema passou por teste unitário; ambiente de teste, servidor particular na internet no qual o sistema passou por teste completo, e ambiente de produção, que contém o próprio servidor da PR3, no qual o sistema foi projetado para rodar permanentemente.

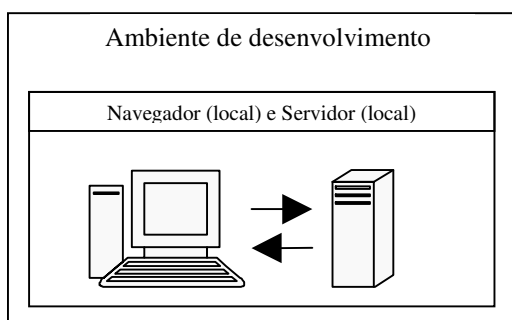


Figura 6.4.1: Esquema do ambiente de desenvolvimento do sistema: usuário e servidor locais

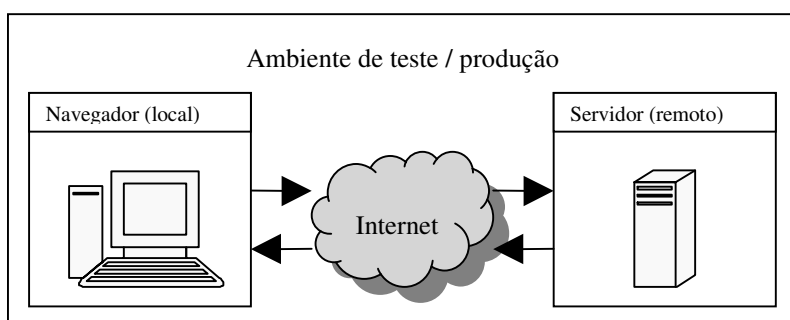


Figura 6.4.2: Esquema de ambos ambientes de teste e de produção: usuário local, porém sistema roda em servidor remoto acessado pela Internet

6.4.2 Codificação

Como base para a maioria das aplicações na Internet, a estrutura de tabelas e formulários foi montada com facilidade na linguagem HTML, com o auxílio de programa editor. Juntamente com sua estrutura, grande parte do código, cerca de 90%, foi feita na linguagem

VBScript, que implementa as regras do projeto e tratamento de dados e foi muito usada para gerar dinamicamente código HTML.

Após a criação da estrutura das páginas (vide item 10.3) em HTML e dos algoritmos básicos para entrada/saída e consulta a dados no banco, o principal desafio foi a codificação do algoritmo do otimizador de demanda contratada. Esse algoritmo foi implementado em uma classe (vide 10.3.3.16) que encapsula toda a inteligência e as regras necessárias ao processo de busca numérica do ponto exato onde a fatura anual é mínima.

O segundo desafio foi a automação da montagem de caixas de seleção, nas quais quase todos os dados do sistema são exibidos. Após codificada, testada e encapsulada, cada funcionalidade agregou simplicidade e rapidez no desenvolvimento dos módulos restantes.

Para melhores resultados dos testes durante a codificação, o sistema foi sendo testado simultaneamente em dois navegadores amplamente conhecidos, o Mozilla FireFox 2.0 e Internet Explorer 6.0, garantindo a compatibilidade do sistema nesses aplicativos.

6.4.3 Novas funcionalidades

6.4.3.1 Autenticação com usuário/senha

Para ter acesso ao sistema, que não seja somente para consulta, é necessário *logar* com usuário e senha criados no próprio sistema. Apenas usuários do tipo Administrador e Gestor podem criar outros usuários. Esse recurso melhora muito a segurança e a consistência de dados, pois somente permite a inclusão de dados por pessoas cadastradas e identificadas pelos gestores.

Para mais detalhes sobre autenticação, consultar manual em anexo.

6.4.3.2 Validação de sessão

Para evitar que usuários restritos tenham acesso indevido a recursos de administradores, explorando vulnerabilidades muito conhecidas na manipulação de URL na Internet, o sistema executa a cada requisição de página uma validação da sessão do usuário. Essa verificação utiliza as informações do usuário *logado* gravadas em sessão após a entrada dele no sistema a fim de garantir que o próprio está acessando a página corrente. Esse recurso de segurança evita, por exemplo, que usuários de uma unidade tenham acesso, e eventual possibilidade de alteração, a contas de outra unidade pela manipulação dos parâmetros do endereço da página.

6.4.3.3 Registro automático de alterações (log)

Para o gerenciamento e controle das entradas, saídas e alterações de dados, o administrador dispõe de um módulo somente para consulta de ocorrências registradas automaticamente no sistema. Esse recurso grava data, hora, IP e outros dados relativos à entrada e saída dos usuários no sistema, e registra todas as alterações de dados efetuadas, eventuais erros ocorridos e cada execução do cálculo otimizado de demanda. Nesse módulo também é possível eliminar arquivos temporários gerados pelos gráficos do sistema e eventualmente abandonados no servidor.

6.4.3.4 Exclusão de arquivos temporários

Para evitar o acúmulo crescente de arquivos temporários gerados pelos freqüentes gráficos do sistema, o módulo de Log permite a exclusão a qualquer hora, sem qualquer risco, dos arquivos temporários presentes no servidor.

6.4.3.5 Integridade referencial

A integridade referencial é um recurso do banco de dados para manter a consistência de dados relacionados. É um sistema de regras que garante que o relacionamento e atualização dos registros sejam válidos.

Com esse recurso, o sistema funciona com mais segurança, pois é capaz de evitar e de garantir a exclusão e atualização automáticas de registros relacionados. Por exemplo, se um usuário é apagado, todos os registros que o associam a unidades consumidoras serão automaticamente apagados. Por outro lado, o sistema pode evitar que uma unidade seja apagada caso tenha contas a ela associadas.

6.4.4 Pontos a melhorar

Dentre as atuais funcionalidades que podem ser aprimoradas no sistema estão: variedade limitada de gráficos e relatórios; código comparação tarifária, usando critérios imprecisos para simular tarifas; otimização de demanda sem considerar instalações futuras como um critério de aumento de carga, e aplicando único preço selecionado nas contas de energia de 12 meses, o que traz diferenças de preço, pois preços variam no tempo.

6.5 BENEFÍCIOS

A tabela abaixo resume comparativamente os principais benefícios do uso do sistema FEGELC.

Tabela 6.5.1: Comparação de recursos entre ferramenta anterior e sistema FEGELC

Recurso	Ferramenta anterior	Sistema FEGELC
Estrutura	2 arquivos locais integrados	Aplicação cliente-servidor
Tecnologia	Planilha Excel Banco Access	Páginas ASP/HTML Banco Access
Acesso	Individual Sem senha Sem restrição de usuário	Compartilhado Autenticado Com restrição de usuário
Tipos de Usuário	Ausente	Presente (Administrador, Gestor e Simples)
Armazenamento de dados	Tabelas relacionadas Sem integridade referencial	Tabelas relacionadas Com integridade referencial
Crítica de entrada de dados	Ausente	Presente
Alerta inconsistências antes de gravar	Ausente	Presente
Comunicação entre banco e formulários	Via execução manual de macro	Automática
Pronto para expansão	Não Preços e unidades fixas	Sim Preços e unidades cadastráveis
Otimização de demanda	Instantânea (quadrática) Nem sempre converge	Demora segundos (linear) Sempre converge
Comparação entre tarifas	Ausente	Presente
Opção de tarifa Horo-Sazonal Azul	Ausente	Presente (somente cadastro, sem otimização de demanda)
Gráficos	Tarifas da UFRJ Customizáveis Comparativos	Todas as tarifas Pré-configurados Individuais
Registro de alterações	Ausente	Presente (automático)

7 ESTUDO DE CASO – A UFRJ

Os tópicos a seguir terão abordagem estritamente prática e especializada no estudo de caso escolhido. Os conceitos vistos acima serão exemplificados na forma de um cenário real. Como resultado desse trabalho, serão apresentados o atual perfil de consumo da UFRJ, os benefícios obtidos com o uso do sistema FEGELC e as potenciais melhorias identificadas pela análise do contexto e dos dados.

7.1 PERFIL DE CONSUMO

A UFRJ atualmente possui 41 unidades. Devido à diversidade de perfil do consumo entre suas unidades consumidoras, existem, atualmente, três grupos de tarifas vigentes.

Tabela 7.1.1: Número de unidades por tarifa

Tarifa	Número de unidades
Baixa Tensão	16
Horo-sazonal Verde	16
Convencional	9

Tabela 7.1.2: Lista das unidades da UFRJ com Tarifa Horo-Sazonal Verde

Nome da Unidade	Grupo	Subgrupo	Nível de tensão
Coordenação do Campus da Praia Vermelha	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCMN – Instituto Geociências NCE	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
Reitoria – Prefeitura UFRJ	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CT – Laboratório COPPE (desde Maio/2007)	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Blocos E/I	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Blocos C/G	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Bloco A	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
Reitoria e CLA	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
Centro de Tecnologia	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Hospital Universitário	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Blocos B/F	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Blocos D/H	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Blocos J/K	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Bloco L	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Instituto Puericultura e Pediatria Marta G.	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CLA – Faculdade de Letras e Artes	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV

Tabela 7.1.3: Lista das unidades da UFRJ com Tarifa Convencional

Nome da Unidade	Grupo	Subgrupo	Nível de tensão
Hospital São Francisco de Assis	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
NEO – UFRJ	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCJE – COPPEAD	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
Reitoria – Alojamento Estudantil	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCS – Escola Educação Física	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
Reitoria – Zona de Serviços Industriais	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
CCMN – Polo Xistoquímica	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
FCC – Museu Nacional	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV
FCC – Museu Nacional	Grupo A	A4 - Poder Público Federal	de 2,3 a 25 kV

Tabela 7.1.4: Lista das unidades da UFRJ com Tarifa Baixa Tensão

Nome da Unidade	Grupo	Subgrupo	Nível de tensão
CFCH – Colégio de Aplicação	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CCS – Maternidade Escola	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CCS – Escola de Enfermagem Ana Nery	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
EBA - Espaço Cultural Belmiro de Almeida	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CCJE – Faculdade de Direito	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CCJE – Faculdade de Direito	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CFCH – Instituto Filosofia Ciências Sociais	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CFCH – Instituto Filosofia Ciências Sociais	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CLA – Escola de Música	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CLA – Escola de Música	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
CCMN – Observatório do Valongo	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
FCC – Casa da Ciência	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
Reitoria – Centro Comunitário e Associação	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
Escola (Lapa)	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
Procuradoria/Gabinete do Reitor	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV
Casa do Estudante Universitário	Grupo B	B3 - Poder Público Federal	inferior a 2,3 kV

A classificação tarifária de cada unidade pode ser alterada para melhor adequação ao seu consumo e demanda solicitada, baseado nos critérios de inclusão tarifária previsto pela norma [2], descritos no item 3.6 e ilustrado na figura 3.2.

Numa análise preliminar, apesar da multa por ultrapassagem de demanda nas estruturas tarifárias Horo-Sazonais, o preço da energia fora de ponta chega a ser em torno de 12% mais barato do que o preço único de energia na estrutura Convencional, como mostrado na tabela abaixo.

Tabela 7.1.5: Preços referência FEV/2008 e sem impostos das tarifas praticadas pelas unidades da UFRJ (Fonte: Light)

Tarifa SubGrupo	ENERGIA				DEMANDA			
	Ponta Seco	Ponta Úmido	Fora Ponta Seco	Fora Ponta Úmido	Ponta		Fora Ponta	
					Normal	Ultrap.	Normal	Ultrap.
HSA A4	244,29	220,85	151,98	138,38	39,58	118,74	11,15	33,45
HSV A4	869,2	845,76	151,98	138,38	11,15	33,45	11,15	33,45
Conv A4	172,3	172,3	172,3	172,3	34,89	34,89	34,89	34,89
BT B3	285,35	285,35	285,35	285,35	0	0	0	0

Com base nesses dados, a mudança da tarifa Convencional para Horo-Sazonal Verde é indicada nos casos de consumo predominantemente no horário fora de ponta, tais como máquinas ligadas de madrugada, pois o preço da demanda é um terço do preço da demanda Convencional.

Por apresentarem freqüentes as maiores demandas medidas, em torno do limiar de 300 kW, dentre as unidades com tarifa Convencional, as seguintes unidades apresentaram até o ano de 2005, perfil para mudarem para tarifa Horo-Sazonal Verde:

- CT - Lab COPPE (atualmente Horo-Sazonal Verde)
- COPPEAD

Entretanto, a mudança para a tarifa Horo-Sazonal Azul (opcional) não é recomendada, pois seu potencial benefício depende da modulação de demanda entre os postos horários. Apesar da mesma redução de preço para consumo fora de ponta, o consumo de ponta fica até 28% mais caro na modalidade Azul, e a demanda de ponta 1% mais cara do que a tarifa Convencional. Por isso, para essa mudança trazer benefícios, é necessária uma modulação percentual que, aplicada ao consumo e demanda, supere a diferença de preços entre tarifa Azul e as outras tarifas.

7.2 POTENCIAIS MELHORIAS

Nessa seção são listadas as potenciais melhorias viáveis de serem implementadas no sistema elétrico da UFRJ para maior eficiência energética e redução de gastos com consumo de energia.

7.2.1 Reconstrução de demanda

Através da otimização de demanda usando o sistema proposto e de estimativas de aumento de carga para os anos seguintes, a reconstrução otimizada de demanda em algumas unidades pode trazer benefícios de milhares de reais por ano.

A tabela abaixo relaciona unidades com tarifa Horo-Sazonal Verde e seus respectivos potenciais de redução da fatura, calculados pelo sistema FEGELC:

Unidades com tarifa Horo-Sazonal Verde	Ano base	Fatura Anual R\$	Redução estimada com otimização de demanda (**)	
			R\$	%
CT	2007	7.350.000	257.000	3,5%
CCS HU	2006/2007	4.507.000	50.200	1,1%
CCMN	2007	2.052.000	62.000	3,0%
Praia Vermelha	2007	1.400.000	45.000	3,2%
CCS C/G	2006/2007	1.000.000	9.000	0,9%
CCS A	2007	916.000	2.100	0,2%
CCS B/F (*)	2005	800.000	800	0,1%
Reitoria – CLA	2005	674.000	15.500	2,3%
CCS E/I	2005	660.000	8.500	1,3%
CLA Letras	2005	523.000	2.000	0,4%
CCS IPPMG (*)	2005	522.000	11.000	2,1%
CCS D/H (*)	2005	500.000	2.000	0,4%
Reitoria - Prefeitura (*)	2005	487,000	10.700	2,2%
CCS L	2005	402.000	9.000	2,2%
CCS J/K (*)	2005	300.000	6.000	2,0%
TOTAL da nota		21.600.000	490.800	2,3%
TOTAL sem impostos (-5,85%)		20.300.000	462.000	2,3%

Tabela 7.4: Faturas anuais e redução estimada pelo módulo de Otimização de Demanda (ano base 2005) do sistema FEGELC

(*) Com dados presentes apenas de Maio a Dezembro (8 meses), o valor da fatura foi interpolado com fator 1.5 para completar período de 12 meses;

(**) Redução estimada no total da nota fiscal da conta de energia, que contém impostos (CSSL, IRPJ, COFINS e PIS), que valem 5,85% e são descontados no valor a pagar.

Como indicado na tabela, um total estimado da ordem de meio milhão de reais poderia ter sido economizado anualmente entre 2005 a 2007, e utilizado em investimentos em outros

setores, somente com contratação adequada de demanda junto à Light. Num cenário de crescimento anual de carga na maioria das unidades, esse potencial tende a aumentar caso a demanda contratada não seja revista e otimizada.

7.2.2 Projetos de eficiência energética

Campanhas para conscientização da comunidade sobre o uso adequado da energia e estudos das cargas para sua substituição por equipamentos mais eficientes, que consomem menos energia, como por exemplo, projetos de iluminação.

7.2.3 Mapeamento de cargas instaladas

Para um melhor controle de demanda, pode-se realizar programas de mapeamento e classificação das cargas instaladas, identificando sua natureza e prioridade. A partir desse mapa e do histórico de demandas medidas e contratadas de cada unidade, poder-se-ia criar esquemas de corte automático de cargas não essenciais, como iluminação, refrigeração, elevadores, etc. O ganho considerável seria um maior controle para redução de multas em períodos de excesso de demanda, que na grande maioria das unidades ocorre no horário fora de ponta. A influência, preponderante, do horário de ponta nos gastos com energia é em virtude do consumo em kWh, cujo preço é cerca de cinco vezes mais caro do que o do horário fora de ponta.

7.2.4 Instalação de banco de capacitores

O valor pago de energia reativa excedente, ocasionado pelo fator de potência medido abaixo do valor referência 0.92 estabelecido na norma [2], pode ser reduzido com investimento na instalação de bancos de capacitores. Observando o histórico de contas, nota-se que esses gastos representam de 4 a 7% do valor da fatura, indicando a potencial economia a partir da correção do fator de potência. Contudo, a melhor solução técnico-econômica tem que ser avaliada cuidadosamente, levando-se em consideração, por exemplo, a topologia da rede de energia elétrica da unidade consumidora.

7.2.5 Instalação de gerenciadores de energia

Para uma visibilidade mais precisa da carga e medição em tempo real do consumo de cada subestação das unidades consumidoras, pode-se investir em projetos de instalação e gerenciadores de energia, utilizando os recursos garantidos pela resolução 492/2002 da ANEEL.

7.2.6 Extensão do sistema

O sistema FEGELC foi desenvolvido em linguagem interpretada, com código aberto, e documentado para permitir seu aprimoramento contínuo. Novas idéias e melhorias podem ser implementadas, tais como algoritmos para análise automática de consumo e demanda contratada em todas as unidades segundo critérios variados. Isso permitiria a identificação mais rápida das unidades mais ineficientes e suas possíveis causas tais como enquadramento tarifário inadequado em relação à carga, demanda de ultrapassagem muito alta, fator de carga muito baixo etc.

8 CONCLUSÃO

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, como uma das maiores do Brasil, enfrenta grandes desafios na gestão energética devido à sua grandiosidade e diversidade. Apresentando grande ineficiência energética em seu sistema elétrico, aliada ao seu alto comprometimento orçamentário com custeio de energia elétrica, a Universidade tem urgência por estudos e projetos de eficiência energética, aproveitando os recursos garantidos por lei [3] destinados a tal fim.

Com o objetivo de dar subsídios práticos à gestão energética pelos gestores da UFRJ, esse trabalho descreveu e implementou um sistema computacional para promover o acesso compartilhado aos gestores e, principalmente, abordar os principais temas que envolvem a análise tarifária e eficiência energética. O sistema implementa um gerenciamento de contas de energia, otimização numérica de demanda contratada indicando potencial redução na fatura, análise do histórico mensal de faturas e indicadores de qualidade da energia e a geração de relatórios e gráficos facilitando a visibilidade dos gestores através de um aplicativo amigável.

Como principais temas para projetos futuros de expansão do sistema estão a criação de algoritmos de análise da adequação técnica compulsória/opcional das unidades consumidoras em cada estrutura tarifária; criação de novos módulos para consulta à massa de dados, a cada 15 minutos, das subestações por gerenciadores de energia; criação de mais relatórios e gráficos para fornecer uma visão global da Universidade, o que complementar a capacidade da ferramenta atual de analisar cada unidade separadamente; e a implementação de critérios variados para estimar crescimento de carga. Com isso, visa-se contribuir para uma visão não somente do passado, mas uma análise energética provável do futuro de cada unidade e da Universidade com um todo, permitindo um planejamento a médio e longo prazo.

Com a motivação pessoal de melhor entender os desafios da gestão energética e de fornecer ferramenta útil e pronta para uso pela UFRJ, os resultados demonstrados no item 7.2 de iniciativas viáveis para eficiência do sistema elétrico e a estimativa de redução de meio milhão de reais por ano são pertinentes ao desafio da redução do alto custeio de energia elétrica da UFRJ. Essa economia representa significativo benefício para realocação de recursos em investimentos na Universidade, e pode ser somada aos recursos garantidos por lei a projetos de eficiência energética.

Como benefício pessoal, o aprendizado e aplicação de conceitos técnicos de desenvolvimento de software, métodos numéricos, estudo da norma tarifária brasileira e

análise real do caso da UFRJ, aliados à excelente estrutura e apoio proporcionados pelos seus orientadores, professores e técnico-administrativos em educação, representaram proveitosa experiência para o desenvolvimento profissional do autor nas áreas abordadas.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] OLIVEIRA, Gustavo Fontoura de, BRUNONI, Rafael Enrico – *Criação de uma ferramenta para gerenciamento do consumo de energia elétrica contratada na Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Projeto de graduação de engenharia. DEE/UFRJ, Rio de Janeiro, abril de 2007.
- [2] RESOLUÇÃO ANEEL Nº 456 DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000, Instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica, na página <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf> acessada em setembro de 2007
- [3] RESOLUÇÃO ANEEL Nº 492 DE 3 SETEMBRO DE 2002, Instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica, na página www.aneel.gov.br/cedoc/res2002492.pdf acessada em fevereiro de 2008
- [4] JUSTEN, Rodrigo e CÍCERO, Fábio – *Aplicação de conceitos de racionalização de energia na Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Projeto de graduação de engenharia. DEE/UFRJ, Rio de Janeiro, outubro de 2005.
- [5] Caderno Temático ANEEL, nº 4: Tarifas de Fornecimento de Energia Elétrica, de abril de 2005 (<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/caderno4capa.pdf>)
- [6] ANEEL, *Tarifas Médias de Fornecimento por Região*, na página <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=98&idPerfil=2> acessada em setembro de 2007
- [7] Light, Informações ao Cliente, pela página <http://www.lightempresas.com.br/web/atendimento/tarifas/tetipo.asp?mid=868794297228722672287227> acessada em fevereiro de 2008
- [8] Divisão de Redes da Prefeitura Universitária - DIREED, *Estudo de Comportamento de Consumo e Gastos em Energia Elétrica – UFRJ*, Novembro de 2006
- [9] Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PR3) da UFRJ, *Orçamento Participativo 2006/2007/2008*;
- [10] Manual PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia, - 1ª Edição - MAIO/2001 - (Tópicos)
- [11] Análise Comparativa para implantação de tarifa Horo-sazonal em agroindústria, na página <http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0019.pdf> acessada em fevereiro de 2008;
- [12] PERFECTUM Serviços de Engenharia, Artigo com esquemas tarifários, na página http://www.perfectum.eng.br/tarifa_horo.html acessada em setembro de 2007
- [13] CANAL ENERGIA, Artigos sobre conceitos e critérios da tarifação brasileira, na página http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/paginas/GCI_Tarifas.asp acessada em outubro de 2007

- [14] Estatuto da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na página http://www.ufrj.br/pr/conteudo_pr.php?sigla=ESTATUTO, acessada em dezembro de 2007
- [15] CEMIG, página na internet sobre Análise de Demanda para Clientes Públicos, http://www.cemig.com.br/consumidores_publicos/comissao/16.asp acessada em fevereiro de 2008

Referências em Informática e Desenvolvimento de Software

- [16] Mitchell, Scott - *Designing Active Server Pages* – Editora O’Reilly, Hudson, MA, EUA
- [17] Braga, William César - *ACCESS 2003: IT EDUCACIONAL*, Editora Alta Books, São Paulo, 2004
- [18] Detalhes para instalação do IIS e pré-requisitos dos *softwares* usados, na página <http://www.ze-games.net/forum/archive/index.php?t-2642.html>, acessada em novembro de 2007.
- [19] Microsoft, artigo on-line para instalação do IIS, na página <http://support.microsoft.com/kb/266115> , acessada em novembro de 2007
- [20] Microsoft, Artigo on-line sobre geração dinâmica de gráficos usando *Microsoft Office Web Components*, na página <http://support.microsoft.com/kb/244049/pt-br>, acessada em maio de 2007
- [21] Microsoft, Pacote de instalação do objeto gráfico *Microsoft Office Web Components OWC11*, na página <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=7287252c-402e-4f72-97a5-z0fd290d4b76&DisplayLang=en>, acessada em setembro de 2007
- [22] RAMALHO, José Antonio, *ASP Guia de Referência*, EDITORA BERKELEY, 2002

Endereços eletrônicos para desenvolvimento de software

- [23] Código para listagem de arquivos de pasta em servidor, na página <http://www.freevbcode.com/ShowCode.asp?ID=1487> acessada em janeiro de 2008;
- [24] Código para contagem de número de arquivos de pasta em servidor, na página <http://www.codeguru.com/forum/showthread.php?t=395346> acessada em janeiro de 2008;
- [25] Guia de referência completo de linguagens de programação para internet, na página <http://www.devguru.com/> acessada em janeiro de 2008;

10 ANEXO - MANUAL DO SISTEMA

10.1 INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo disponibilizar o conhecimento do código dos arquivos do sistema FEGELC, auxiliando seu uso e dando suporte à manutenção dessa aplicação.

O sistema FEGELC é uma aplicação cliente-servidor *web* implementada em páginas ASP interpretadas usando as linguagens VBScript, Javascript e HTML com banco de dados Microsoft Access. Possui mais de 80 arquivos *script* além de imagens e de um arquivo de banco de dados. Seus arquivos *script* totalizam em torno de 600 KB de espaço em disco rígido, com mais de 18.000 linhas de código, além de um banco de dados inicial de quase 3MB de espaço em disco.

O acesso ao sistema é feito com aplicativo navegador comum (*web browser*) e requer cadastro de usuário e senha por um usuário do tipo Administrador. Suas funcionalidades são restritas segundo o tipo do usuário *logado*, cujas permissões podem ser configuradas.

As principais entradas do sistema são o cadastro de unidades consumidoras, de suas contas de energia, de preços de tarifas, do cadastro dos seus usuários e de instalações futuras.

As principais saídas do sistema são gráficos, relatórios, cálculo de contas de energia para todas as tarifas, cálculo de demanda ótima de unidades Horo-Sazonal Verde e comparação simulada entre tarifas diferentes.

10.2 DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

10.2.1 Cadastro de Unidades Consumidoras

As unidades consumidoras podem ser livremente cadastradas (inclusão, edição e exclusão), informando tipo de tarifa (Baixa Tensão, Alta Tensão Convencional, Horo-Sazonal Verde ou Azul), grupo tarifário, subgrupo tarifário, classe de consumo, além de nome completo e sigla para exibição no sistema.

Às unidades serão associadas contas de energia elétrica mensais, e, eventualmente, usuários gestores de unidade. Após o cadastro de contas, não é permitida a exclusão de unidades que tenham contas associadas.

Após cadastrada a unidade e suas contas com mesmo tipo de tarifa, é possível alterar o tipo de tarifa da unidade. Na tela de edição de unidades, o sistema alerta para essa importante

mudança, que implicará mesmo tipo de tarifa para suas novas contas. Contudo, as contas cadastradas antes da mudança de tipo de tarifa da unidade, manterão naturalmente sua tarifa e associação à unidade.

10.2.2 Cadastro de Contas de energia elétrica

As contas podem ser cadastradas (inclusão, edição e exclusão) com a restrição de uma conta por unidade por ano por mês. As unidades que aparecem disponíveis para receber contas são aquelas associadas ao usuário *logado* (vide 10.2.7). O usuário *logado*, por sua vez, só cadastra contas para suas unidades associadas e não tem acesso às contas de unidades que não se lhe associem.

Ao selecionar uma unidade consumidora, é exibido um histórico resumido, por ano e por tipo de tarifa, com a quantidade de contas já cadastradas para a unidade. Desse modo, mesmo com o usuário visualizando as contas já cadastradas, ao tentar cadastrar nova conta com mesmo ano e mês de conta já existente, porém com tipo de tarifa diferente, é gerado alerta informando que tal conta daquela unidade já existe cadastrada com outra tarifa. Não é permitido cadastro de conta com mesmo conjunto unidade, ano e mês.

Os dados do formulário de cada registro de conta dependem do tipo de tarifa da sua unidade associada. Além de receber preços, digitados ou obtidos do banco de dados, e valores a pagar, automaticamente calculados, as contas com tarifa de Baixa Tensão recebem somente dados do consumo de energia.

Da mesma forma, as contas com tarifa de Alta Tensão Convencional recebem dados de consumo e excedente de energia reativa, para horários de ponta e fora de ponta, e demanda medida. Os fatores de carga e de potência são automaticamente calculados.

As contas com tarifa de Alta Tensão Horo-Sazonal Verde recebem dados de consumo e excedente de energia reativa, para horários de ponta e fora de ponta, demandas medida, contratada e de ultrapassagem e demanda reativa excedente. Os fatores de carga e de potência são automaticamente calculados.

As contas com tarifa de Alta Tensão Horo-Sazonal Azul recebem dados de consumo, excedente de energia reativa, demandas medida, contratada, de ultrapassagem, demanda reativa excedente e fator de carga, todas para os horários de ponta e fora de ponta. Os fatores de carga do horário de ponta e fora de ponta e o fator de potência são automaticamente calculados.

Os dados de conta são os mais relevantes do sistema e, por isso, são utilizados nos módulos mais importantes: no Cálculo de Demanda Ótima, em iterações variando demanda contratada para minimizar o valor da fatura anual; nos Gráficos e Relatórios, visualizados de diversas formas; e no Compara Tarifas, com contas cadastradas simuladas com diferentes tarifas e preços.

10.2.3 Cadastro de Preços

Os preços de tarifas podem ser livremente cadastrados (inclusão, edição e exclusão), informando tipo de tarifa, grupo, subgrupo e classe de consumo a que o preço se refere, além de nome referência para identificá-lo e seus valores peculiares de energia, demanda etc. Assim, para cada tipo de tarifa escolhido, o formulário carregado apresenta os campos de energia e demanda que lhe cabem.

Os preços de diferentes tarifas, subgrupos e classes de consumo são utilizados para o Cálculo de Demanda Ótima e para o mais fácil preenchimento dos preços nos formulários de Cadastro de Conta. Seus valores podem ser oriundos diretamente da fatura de energia emitida pela concessionária, que já vem com impostos, ou obtidos sem impostos diretamente do *site* da mesma na Internet.

Um registro de preço só é aplicável a um registro de conta de uma unidade caso ambos registros tenham os mesmos valores de tipo de tarifa, grupo, subgrupo e classe de consumo. Para um melhor entendimento, as tabelas abaixo exemplificam aplicações inválidas, hachuradas em amarelo, de preços cadastrados a contas de unidade cadastrada devido a campos diferentes:

Tabela 10.1: Preço e unidade incompatíveis devido a tipo de tarifa diferente

	Tipo de tarifa	Grupo	Subgrupo	Classe
Preço cadastrado	HSV	A	A4	Poder Público Federal
Unidade cadastrada	Convencional	A	A4	Poder Público Federal

Tabela 10.2: Preço e unidade incompatíveis devido a subgrupo tarifário diferente

	Tipo de tarifa	Grupo	Subgrupo	Classe
Preço cadastrado	Baixa Tensão	B	B3	Poder Público Federal
Unidade cadastrada	Baixa Tensão	B	B1	Poder Público Federal

Tabela 10.3: Preço e unidade incompatíveis devido a classe de consumo diferente

	Tipo de tarifa	Grupo	Subgrupo	Classe
Preço cadastrado	Baixa Tensão	B	B3	Poder Público Federal
Unidade cadastrada	Baixa Tensão	B	B3	Poder Público Estadual

10.2.4 Cadastro de Usuários

Usuários do sistema podem ser livremente cadastrados (inclusão, edição e exclusão) para acesso sistema informando nome, *login*, senha, tipo de usuário e e-mail. Os tipos de usuário diferenciam permissões de acesso a módulos e funcionalidades dentro dos módulos do sistema, podem ser: Administrador, Gestor, Simples e Consulta.

Como critério de segurança dos dados, cada usuário pode ser associado a unidades consumidoras (vide 10.2.7), as quais ele visualizará nas caixas de seleção de unidade. Isso permite que usuários gerenciem determinado número de unidades, visualizando e entrando com dados, em vez de ter acesso aos dados de unidades que não lhe competem. Essa associação de unidades deve ser feita por usuários do Administrador e Gestor (vide item 10.2.5).

10.2.5 Associação de usuários e unidades

A associação de usuários e unidades é feita por usuários do tipo Administrador e Gestor, sendo que os do tipo Administrador não a necessitam, pois têm acesso a todos os recursos do sistema.

Os usuários do tipo Gestor podem criar usuários do tipo Simples, que só podem ser associados às unidades já associadas ao seu Gestor.

10.2.6 Cadastro de Instalações Futuras

As instalações futuras são estimativas de consumo e demanda de cargas ainda não instaladas nas unidades consumidoras. Elas podem ser usadas para registro de futuras expansões e nos cálculos de demanda ótima, somando-as à base de consumo e demanda real, obtendo-se, assim, simulações mais próximas à futura realidade.

As instalações futuras podem ser livremente cadastradas (inclusão, edição e exclusão) por usuários do tipo Administrador, para qualquer unidade, e por outros usuários somente para suas unidades associadas.

Esse formulário recebe nome de referência, consumo, demanda, data da instalação e verifica automaticamente o fator de carga associado, criticando valores inválidos.

10.2.7 Cadastro de parâmetros do sistema

Os parâmetros do sistema são constantes globais que podem ser livremente cadastradas (inclusão, edição e exclusão), informando nome, descrição e valor. Alguns parâmetros já cadastrados são utilizados e necessários ao sistema, como por exemplo, a percentagem de tolerância de ultrapassagem de demanda para cada nível de tensão.

10.2.8 Criação de usuários

Os usuários do sistema podem ser cadastrados por usuários do tipo Administrador e Gestor:

10.2.8.1 Usuário Administrador cria Usuário Administrador

Ao adicionar usuário do tipo Administrador, não é necessária a associação de unidades consumidoras, pois os Administradores têm acesso a todas as unidades e a todos os recursos do sistema.

10.2.8.2 Usuário Administrador cria Usuário Gestor

Ao adicionar usuário do tipo Gestor, será exibida tela de associação de unidades. As unidades que forem salvas associadas a esse Gestor, serão as que ele poderá gerenciar. Essas mesmas unidades também poderão ser associadas pelo Gestor a novos usuários Simples que ele vier a criar.

10.2.8.3 Usuário Administrador cria Usuário Simples

Ao adicionar usuário do tipo Simples, será exibida tela de associação de unidades. As unidades que forem salvas associadas a esses usuários Simples, serão as que ele poderá gerenciar. Somente os Administradores e Gestores das mesmas unidades do Simples poderão lhe alterar a associação de unidades.

10.2.8.4 Usuário Gestor cria Usuário Simples

Ao adicionar usuário do tipo Simples, os quais poderão ser editados e excluídos pelo Gestor. Após a inclusão, será exibida tela de associação de unidades, na qual o Gestor poderá associar suas unidades ao usuário Simples.

10.2.9 Associação de páginas do sistema a tipos de usuário

Reservado para os Administradores do sistema, esse módulo permite customizar a quais páginas cada tipo de usuário terá acesso. Essas permissões já vêm cadastradas no sistema, conforme mostrado abaixo:

- Tipo de usuário Administrador: acesso a todas as páginas;
- Tipo de usuário Gestor: acesso a todas as páginas com exceção das telas:
 - Listagem de Usuários;
 - Associação de páginas a tipos de usuário;
 - Parâmetros;
 - Log.
- Tipo de usuário Simples: acesso a todas as páginas do Tipo Gestor com exceção da tela de Cadastro de Unidades

10.2.10 Cálculo de tarifas

O módulo de cálculo simplificado de tarifas permite simular a fatura de qualquer tipo de tarifa, semelhantemente ao formulário de Cadastro de Conta. Nele é feito cálculo automático de valor a pagar e alerta na tela quando os valores calculados para fator de carga ou fator de potência estão inválidos ou fora de limites estabelecidos nos parâmetros do sistema.

10.2.11 Cálculo de Demanda Ótima

O cálculo de demanda ótima é um módulo do sistema (vide 10.3.2.17) cujo algoritmo pega as contas de unidade (com tarifa Horo-Sazonal Verde) dos últimos 12 meses e calcula repetidamente seu suposto valor de fatura anual através da variação na demanda contratada. Esse cálculo, que aplica um preço escolhido às demandas de contrato e de ultrapassagem, fornece como resultado os valores de **demanda de contrato no período seco** e **demanda de contrato no período úmido** que gerariam gasto mínimo anual.

Ao escolher uma unidade Horo-Sazonal Verde, e um preço cadastrado para aplicação das tarifas, o esse módulo exibe gráficos comparativos com o histórico de demanda do último ano da unidade escolhida. As diferenças entre a fatura anual real e a fatura anual calculada com as demandas contratadas otimizadas para os períodos seco e úmido são mostradas nos gráficos e em tabela comparativa. Como resultado final, a tabela mostra a potencial redução em reais da contratação de demanda ótima.

O algoritmo de cálculo implementado recebe as medidas de consumo, energia reativa excedente e demandas para base de cálculo. Ele varia as demandas de contrato do período seco e período úmido e calcula, a cada iteração o valor da fatura anual, registrando os menores resultados.

Abaixo são listadas hierarquicamente a classe e as funções utilizadas no laço principal do algoritmo:

Classe:	clsTarHSA
Função:	minimizaCustoAnualPorDemandaContratada_Unidade_RS ()
Função:	minimizaCustoAnualPorDemandaContratada ()
Função:	calcCustoFatura ()
Função:	calcCustoFaturaAnual ()
Função:	calcCustoFatura ()

Quadro 10.1: Chamada hierárquica de funções no algoritmo de minimização de fatura anual

10.2.12 Comparação de tarifas

As contas de tarifa Horo-Sazonal Azul são simuladas como Horo-Sazonal Verde e Convencional através da escolha da maior demanda entre as demandas de ponta e fora de ponta. Isso se aplica às demandas medida, de contrato, de ultrapassagem e demanda de reativo excedente. Simulando como conta de tarifa Convencional, os consumos de energia de ponta e fora de ponta são somados.

As contas de tarifa Horo-Sazonal Verde são simuladas como Convencional e Horo-Sazonal Azul respectivamente soma e correspondência de cada consumo de energia. Para simular as demandas em cada horário, é aplicada uma proporção, chamada de modulação, para dividir a demanda única da modalidades Verde em demanda de ponta e fora de ponta da modalidade Azul. Esse valor de modulação é um parâmetro do sistema (vide 10.2.14) e representa a redução percentual do valor de demanda no horário de ponta em relação ao horário fora de ponta. Simulado como conta de tarifa Convencional, a demanda da tarifa Verde é mantida e os consumos são somados.

Da mesma forma, as contas de tarifa Convencional são simuladas como tarifa Horo-Sazonal através da aplicação da modulação no consumo único e também na demanda única, resultando consumo de ponta e fora de ponta, e demanda de ponta e fora de ponta. Essa aproximação fornece uma estimativa de consumo e demanda para as modalidades Verde e Azul simuladas.

10.2.13 Gráficos

Os gráficos disponíveis são previamente implementados no sistema, e oferecem a visualização flexível dos dados de conta das unidades. Os gráficos, facilmente gravados em imagens ou exportados seus dados para o Excel, podem ser gerados por unidade, por ano, por mês e pelos parâmetros mais relevantes. Os diferentes tipos de gráfico englobam combinações das seguintes medidas: consumo, energia excedente de reativo (UFER), demanda (medida, contratada, de ultrapassagem etc), fator de carga, fator de potência etc, e são visualizados no eixo do tempo, por ano e por mês.

Cada gráfico solicitado é um arquivo (imagem) temporário gravado no servidor, que é apagado automaticamente quando o usuário termina sua sessão, ou quando usuário do tipo Administrador exclui tais temporários no módulo de Log (vide 10.2.14).

10.2.14 Relatórios

Os relatórios disponíveis são previamente implementados no sistema, e oferecem a listagem dos dados de conta comparando com seus valores mínimos, médios e máximos. Estão disponíveis relatórios de consumo, demanda e fator de carga, que são listados por unidade, por ano e por mês.

10.2.15 Visualização do log do sistema

Na tela de log do sistema, usuários do tipo Administrador podem visualizar de forma flexível todos os eventos registrados internamente pelo sistema e também acompanhar e excluir o total de arquivos temporários gerados para gráficos. O sistema registra ações como *login* e *logout* de usuário, cadastros (inclusão, edição e exclusão) de registros, cálculos de demanda ótima, erros etc, e as associa a data e hora, usuário *logado* e seu IP de rede.

10.3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DOS ARQUIVOS

10.3.1 Tipos de arquivo

O sistema é composto por arquivos script que rodam no servidor (ASP - *Active Server Page*), arquivos script que rodam no cliente (JavaScript), imagens e um banco de dados.

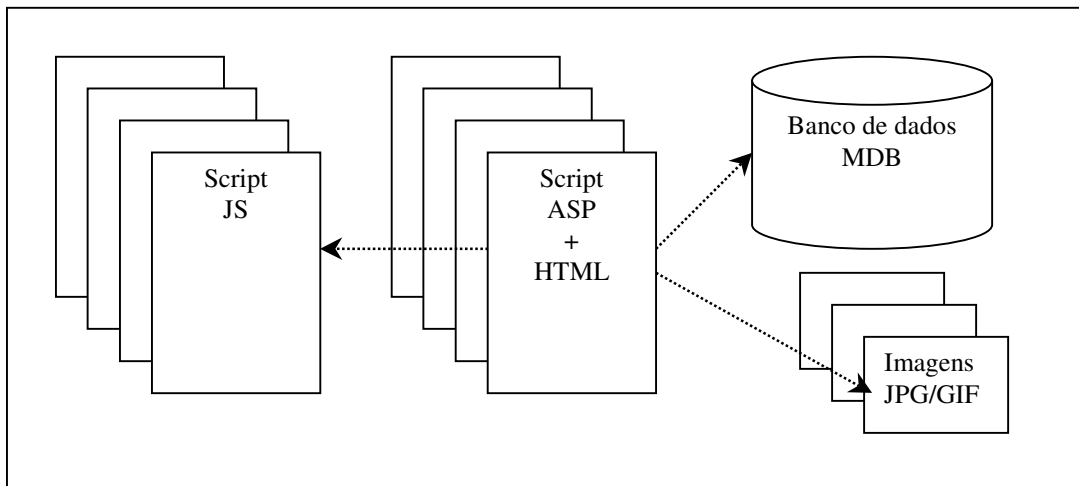


Figura 10.1: Tipo de arquivos do sistema.

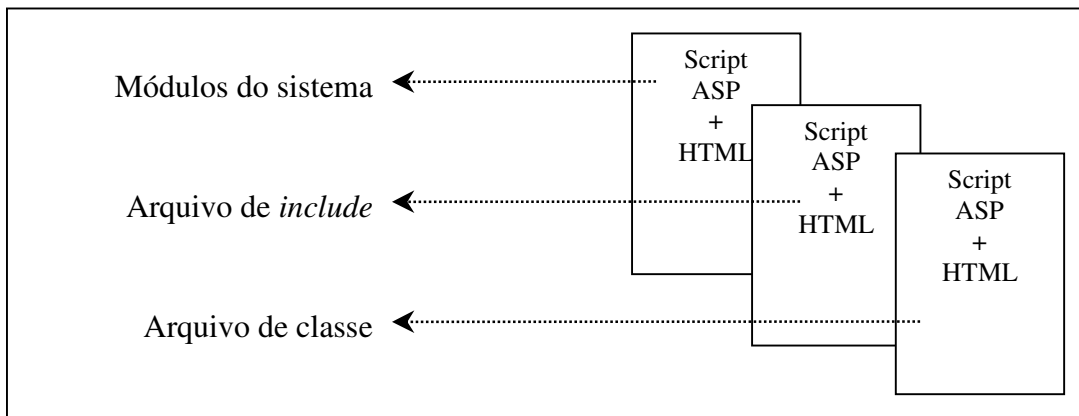


Figura 10.2: Arquivos script ASP e seus diferentes papéis no sistema

Os arquivos script se referenciam uns aos outros, e possuem as seguintes extensões de arquivo:

- **ASP:** páginas que rodam script VbScript, compiladas no servidor web do sistema a cada nova chamada da página. As páginas ASP podem ser separadas em:
 - **Módulos do sistema:** arquivos principais, são páginas com mesma estrutura e que implementam as opções do menu principal (vide X), por exemplo, gráficos, relatórios, cálculo de demanda ótima, cadastro de contas, unidades etc. Sua estrutura é mostrada no item 10.3.2.
 - **Arquivos includes de uso geral:** arquivos com código com funcionalidades comuns a todos os módulos, como validação de sessão, tratamento de erro, abertura de conexão com banco, repositório de consultas SQL, funções específicas etc.

- **Arquivos classe:** arquivos que implementam funcionalidade encapsulada com propriedades e métodos. Ex: gráfico, link de gráfico, tarifa etc...
- **JS:** arquivos com script JavaScript que são executados no aplicativo *browser* do computador do usuário cliente que acessa o sistema.
- **MDB:** arquivo banco de dados Microsoft Access, contém todos os cadastros de conta, unidades, usuários etc, em tabelas, e várias consultas (*queries*) utilizadas pelos arquivos script. O banco de dados é a base para a confecção do repositório de consultas SQL.
- **JPG e GIF:** arquivos imagens que são carregadas nas telas do sistema através da chamada pelos arquivos ASP. As imagens GIF geradas para cada gráfico solicitado por um usuário *logado* no sistema são arquivos temporários. Eles são apagados ao término da sessão ou pelo módulo de Log por usuário administrador.

10.3.2 Módulos do sistema

Os módulos do sistema são as opções de menu (vide 10.3.4) exibidas à esquerda da tela principal (vide 10.2.2), como mostrado na figura X. Todos possuem a mesma estrutura de página, como mostrado abaixo:

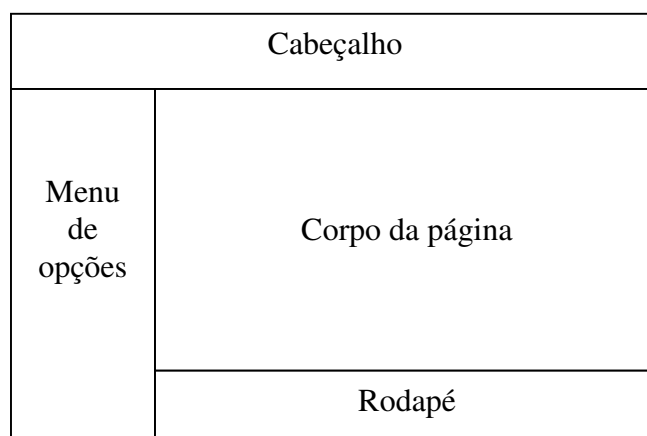


Figura 10.3: Estrutura de página dos módulos (arquivos script ASP/HTML) exibidos no menu de opções

FEGELC - Ferramenta de gerenciamento de energia elétrica contratada pela UFRJ - PR3

Cadastro de conta de energia elétrica

Tipo de tarifa da conta:

Unidade: Contas cadastradas por ano da unidade: HSV: 2002(12) 2003(12) 2004(12) 2005(12) 2006(12) 2007(12)

Ano: Mês:

Preço (opcional):

Calcula automático

	Quantidades	Valor unitário	Valor a pagar
Consumo (Ponta)	<input type="text" value="106068"/> kWh	<input type="text" value="1.32647427"/> R\$ / kWh	<input type="text" value="140696.47"/> R\$
Consumo (Fora de Ponta)	<input type="text" value="1342512"/> kWh	<input type="text" value="0.21703262"/> R\$ / kWh	<input type="text" value="291368.9"/> R\$
UFER (Ponta)	<input type="text" value="9356"/> kWh	<input type="text" value="1.32647427"/> R\$ / kWh	<input type="text" value="12410.49"/> R\$
UFER (Fora de Ponta)	<input type="text" value="52416"/> kWh	<input type="text" value="0.21703262"/> R\$ / kWh	<input type="text" value="11375.98"/> R\$

Demanda Medida: kW
 Demanda Contratada: kW R\$ / kW R\$
 Demanda de Sobre: kW R\$
 Demanda de Ultrap.: kW R\$ / kW R\$
 Demanda Reativo Exc: kW R\$ / kW R\$

Fator de Carga: FC <= 80%
 Fator de Potência: FP >= 12%

Valor da Fatura..... R\$

Usuário: [tiago] Tipo: [Administrador]
 Tiago d'Avila Acesso: TODAS as unidades

Figura 10.4: Exemplo da tela de cadastro de conta (vide 10.2.10) do sistema. Destaque para a estrutura da página: cabeçalho, menu principal, corpo e rodapé.

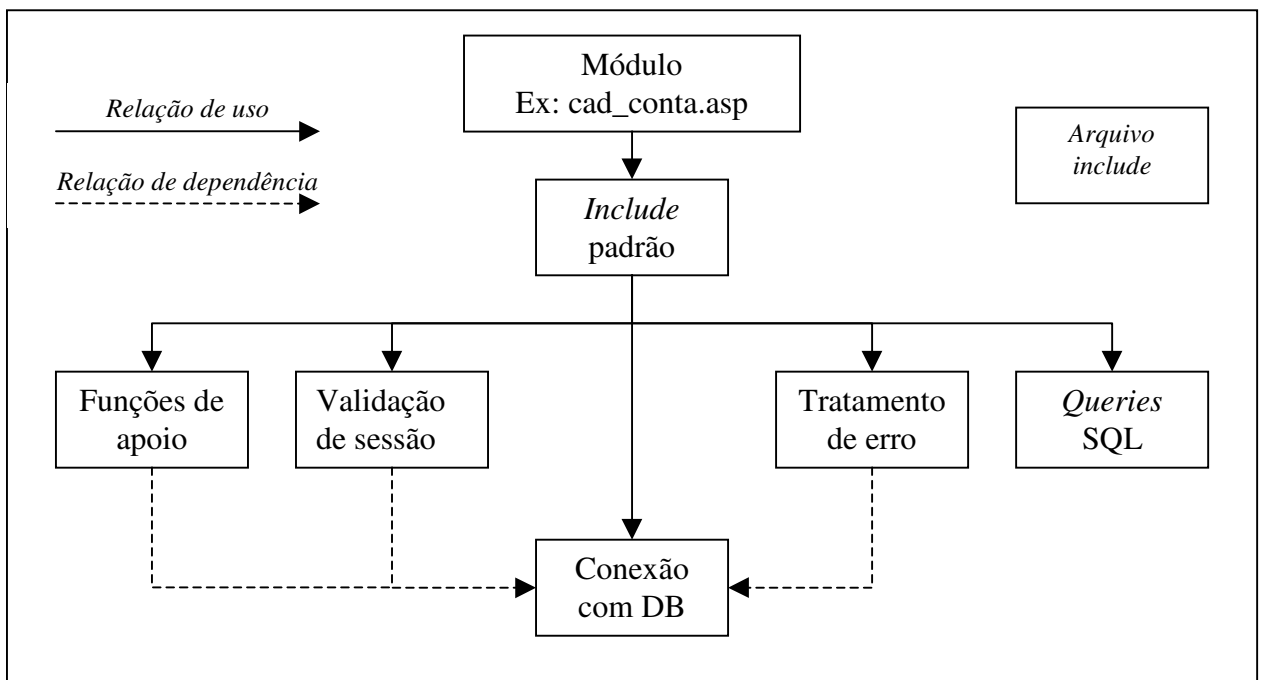


Figura 10.5: Hierarquia de uso de arquivos include desde arquivo módulo (tela do sistema).

Na figura acima, pode-se notar o detalhe de o include de conexão com banco de dados (conexao.asp) ser referenciado somente pelos includes padrão, porém necessário à compilação de vários outros includes.

10.3.2.1 Página Login

Arquivo: index.asp

Referencia: login.asp

Referenciado por: login.asp, includes1.asp, includes2.asp, logout2.asp

10.3.2.2 Módulo Página inicial

Arquivo: principal.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

Referenciado por: login.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

10.3.2.3 Módulo Manual do usuário

Arquivo: manualusuario.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.4 Módulo Tarifas - Lista

Arquivo: tarifas.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.5 Módulo Tarifas - Cálculo

Arquivo: calculo_simples.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, calculo_simples.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.6 Módulo Unidades - Cadastro

Arquivo: cad_unidade.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_unidade.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.7 Módulo Unidades - Listar

Arquivo: unidades.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.8 Módulo Instalações – Cadastro

Arquivo: cad_instalacao.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_instalacao.asp, isdate.js, validaTextoNum.js

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.9 Módulo Instalações - Listar

Arquivo: cad_instalacao.asp?acao=L

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_instalacao.asp, isdate.js, validaTextoNum.js

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.10 Módulo Conta

Arquivo: cad_conta.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_conta.asp, validaTextoNum.js, calculos.js

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.11 Módulo Preço

Arquivo: cad_preco.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_preco.asp, validaTextoNum.js

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.12 Módulo Usuário - Cadastro

Arquivo: cad_usuario.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_usuario.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp, cad_usuario_unidade.asp

10.3.2.13 Módulo Usuário - Listar

Arquivo: cad_usuario.asp?acao=L

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_usuario.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp, cad_usuario_unidade.asp

10.3.2.14 Módulo Usuário - Suas unidades

Arquivo: cad_usuario_unidade.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_usuario_unidade.asp, listBox.js

Referenciado por: menuprincipal.asp, cad_usuario.asp

10.3.2.15 Módulo Páginas do Tipo Usuário

Arquivo: cad_tipousuario_pagina.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, cad_tipousuario_pagina.asp, listbox.js

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.16 Módulo Compara tarifas

Arquivo: compara_tarifa.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, compara_tarifa.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.17 Módulo Cálculo de demanda

Arquivo: calculo_hsv.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, calculo_hsv.asp, class_bancoED.asp, class_tarifa_hsa.asp, class_graflink.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.18 Módulo Relatórios

Arquivo: relatorios.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, relatorios.asp, inc_relatorios.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.19 Módulo Gráficos

Arquivo: graficos.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp, graficos.asp, class_graflink.asp, graficos_includes.asp, excel.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.20 Módulo Créditos

Arquivo: creditos.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabecalho.asp, menuprincipal.asp, rodape.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

10.3.2.21 Módulo Termina Sessão

Arquivo: logout.asp

Referencia: includes2.asp, logout2.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp

Arquivo: logout2.asp

Referencia: index.asp

Referenciado por: menuprincipal.asp, logout.asp

10.3.3 Arquivos secundários do sistema

São arquivos do sistema que não são chamados diretamente, mas pelos módulos. Compõem diversas funcionalidades das páginas, como por exemplo estética, rodapé, cabeçalho, menu principal, funções gerais e chamada a outros arquivos *include*.

10.3.3.1 Arquivo home.css

Arquivo include geral, contém as classes de estilo para o HTML e objetos usados nos módulos. As principais classes são:

- pLoginTitulo, pLoginTable, pCabLinha, pCabTitulo, pCabSubTitulo, pTablePrincipal, pRodTable, pRodLinha, pMenu, pMenuTable, pMenuLinha, pPagConteudo, pTableManual, pTableListagem, pTdTitulo, pMini, pVermelho

10.3.3.2 Arquivo cabeçalho.asp

Referencia: -

Referenciado por: todos os módulos

10.3.3.3 Arquivo rodape.asp

Referencia: funcoes.asp, conexao.asp, queries.asp, trataerro2.asp, valida_sessao.asp, principal.asp, logout.asp, imagens

Referenciado por: todos os módulos

10.3.3.4 Arquivo menuprincipal.asp

Referencia: includes1.asp, home.css, cabeçalho.asp, rodape.asp, todos os módulos

Referenciado por: todos os módulos

10.3.3.5 Arquivo excel.asp

Referencia: includes1.asp

Referenciado por: graficos.asp

10.3.3.6 Arquivo includes1.asp

Referencia: trataerro.asp, funcoes.asp, funcoes_texto.asp, conexao.asp, valida_sessao.asp, queries.asp, trataerro2.asp

Referenciado por: cad_conta.asp, cad_instalacao.asp, cad_preco.asp,

cad_tipousuario_pagina.asp, cad_unidade.asp, cad_usuario.asp,

cad_usuario_unidade.asp, calculo_hsa.asp, calculo_hsv.asp, calculo_simples.asp,

compara_tarifa.asp, creditos.asp, excel.asp, graficos.asp, manualusuario.asp,

menuprincipal.asp, principal.asp, relatorios.asp, rodape.asp, tarifas.asp, unidades.asp

10.3.3.7 Arquivo includes2.asp

Referencia: trataerro.asp, funcoes.asp, funcoes_texto.asp, conexao.asp, valida_sessao.asp, queries.asp, trataerro2.asp

Referenciado por: cad_conta.asp, cad_instalacao.asp, cad_preco.asp, cad_tipousuario_pagina.asp, cad_unidade.asp, cad_usuario.asp, cad_usuario_unidade.asp, calculo_hsa.asp, calculo_hsv.asp, calculo_simples.asp, compara_tarifa.asp, creditos.asp, excel.asp, graficos.asp, manualusuario.asp, menuprincipal.asp, principal.asp, relatorios.asp, rodape.asp, tarifas.asp, unidades.asp

10.3.3.8 Arquivo trataerro.asp

Referencia: -

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp

10.3.3.9 Arquivo trataerro2.asp

Referencia: trataerro.asp

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp, rodape.asp

10.3.3.10 Arquivo conexao.asp

Referencia: -

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp, rodape.asp, excel.asp

Objeto criado: ADODB.Connection

Driver usado (provider): Microsoft.Jet.OLEDB.4.0

Fonte de dados: FEGELC_v01.mdb

10.3.3.11 Arquivo queries.asp

Referencia: -

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp, rodape.asp, excel.asp

Esse arquivo acumula funções de montagem dinâmica de consultas SQL (queries), e chamada de consultas gravadas no banco, com padrão de nome “gSelnnnn”, onde *n* é o nome da consulta.

10.3.3.12 Arquivo funcoes.asp

Referencia: -

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp, rodape.asp, excel.asp

10.3.3.13 Arquivo funcoes_texto.asp

Referencia: -

Referenciado por: includes1.asp, includes2.asp, excel.asp

10.3.3.14 Arquivo class_bancoED.asp

Referencia: -

Referenciado por: calculo_hsv.asp, compara_tarifa.asp

- 10.3.3.15 Arquivo class_graflink.asp
Referencia: graficoOWC.asp
Referenciado por: calculo_hsv.asp, graficos.asp, principal.asp
- 10.3.3.16 Arquivo class_tarifa_hsa.asp
Referencia: -
Referenciado por: calculo_hsv.asp
- 10.3.3.17 Arquivo graficoOWC.asp
Referencia: funcoes.asp
Referenciado por: class_graflink.asp
- 10.3.3.18 Arquivo graficos_includes.asp
Referencia: -
Referenciado por: graficos.asp
- 10.3.3.19 Arquivo inc_relatorios.asp
Referencia: -
Referenciado por: relatorios.asp
- 10.3.3.20 Arquivo calculos.js
Referencia: -
Referenciado por: cad_conta.asp, calculo_simples.asp
- 10.3.3.21 Arquivo isdate.js
Referencia: -
Referenciado por: cad_instalacao.asp
- 10.3.3.22 Arquivo listbox.js
Referencia: -
Referenciado por: cad_tipousuario_pagina.asp, cad_usuario_unidade.asp
- 10.3.3.23 Arquivo validaTextoNum.js
Referencia: -
Referenciado por: cad_conta.asp, cad_instalacao.asp, cad_preco, relatorios.asp
- 10.3.3.24 Arquivo FEGELC_v01.mdb
Referencia: -
Referenciado por: conexao.asp

10.4 REQUISITOS TÉCNICOS PARA INSTALAÇÃO

Para a correta execução do sistema, seguem abaixo os requisitos técnicos mínimos de *hardware*, *software* e permissões de pasta a serem observados:

10.4.1 Hardware

Computador PC para funcionar como servidor, com os seguintes requisitos mínimos:

- Processador Pentium 133MHz ou superior
- Memória RAM 64MB ou mais
- Espaço em disco de 450MB ou mais.

10.4.2 Software

- Microsoft Windows 2000, XP Pro, Server 2003 ou superior
- Microsoft Internet Information Service (IIS) versão 5.0 ou superior
- Microsoft Access 2000 ou superior
- Microsoft Office Web Component (OWC11) componente gráfico. (Parte suplementar do Microsoft Office 2003, pode ser instalada separadamente [4])

10.4.3 Permissões de pasta

10.4.3.1 Habilitação da alteração de permissão de pastas

As permissões de pastas permitem a configuração do nível de acesso a cada pasta, ou seja, como cada pasta será acessada pelos usuários. Exemplo: leitura, escrita, execução etc. No Windows Xp, por exemplo, essa configuração é feita na aba Segurança. Entretanto, para que a aba “Segurança” (*Security*) das propriedades de pasta apareça disponível, é necessário desabilitar o “Compartilhamento Simples de Arquivos” (*Simple File Sharing*), que pode ser feito acessando os itens como a seguir:

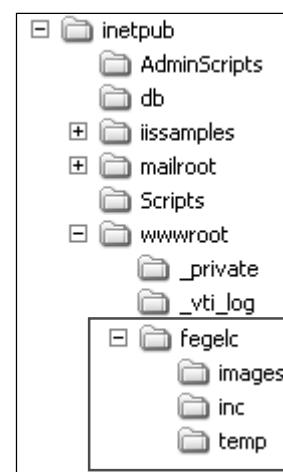
- WindowsXpPro em inglês: *Start, Settings, Control Panel, Folder Option, View*, desmarcar a opção "*Use Simple File Sharing (Recommended)*".
- WindowsXpPro em português: Iniciar, Configurações, Painel de Controle, Opções de Pasta, Exibir, desmarcar a opção "Compartilhamento Simples de Arquivos(Recomendado)".

10.4.3.2 Alteração de permissão das pastas do sistema

Para o correto acesso ao sistema via *web*, é necessário dar permissão de pasta ao “Usuário de Internet” criado internamente pelo Windows (Ex: *Internet Guest Account* no Windows XP). As pastas do sistema, destacadas na figura abaixo, devem ser configuradas com permissões especiais, conforme a seguinte tabela:

Tabela 10.1: Permissões para as pastas do sistema no servidor. Ao lado, figura com estrutura de pastas do sistema no servidor

Pasta do sistema (\Inetpub)	Permissão ao usuário de Internet
\wwwroot\fegehc	leitura (read)
\wwwroot\fegehc\images	leitura (read)
\wwwroot\fegehc\inc	leitura (read)
\wwwroot\fegehc\temp	leitura (read) e escrita (write) (*)
<pasta do banco>	leitura (read) e escrita (write) (*)



(*) Pastas que recebem permissão de escrita, pois o sistema grava imagens dos gráficos ou registros do banco de dados. Vide arquivos (ítem 10.3) *class_graflink.asp*, *conexao.asp* e *queries.asp* para mais detalhes.