

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES



**FEUP**

# **Medidas de Eficiência Energética em Serviços de Distribuição de Água e Saneamento**

Mário de Sousa Araujo Neto

Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Ramo Automação e Controlo

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E  
DE COMPUTADORES – ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**ORIENTADOR: PROFESSOR CLÁUDIO MARTINS MONTEIRO**

PORTO, SETEMBRO DE 2008

# **Medidas de eficiência energética em serviços de distribuição de água e saneamento**

## RESUMO

A perspectiva de crise no suprimento de energia elétrica aliada ao apelo de redução de emissões para diminuir os efeitos causados pelo aquecimento global tem feito o consumidor buscar formas de conservação da energia elétrica e promover o seu uso eficaz. A importância da política de conservação de energia cresce em termos mundiais, especialmente face aos altos custos de novos aproveitamentos energéticos. No Brasil, o problema de investimento no sector energético revela-se crítico ao longo dos últimos anos, o que torna indispensável o desenvolvimento de políticas que visam o uso racional da energia.

Entre dois e três por cento do consumo de energia do mundo são usados no bombeamento e tratamento de água para residências urbanas e usos industriais. No Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o sector de saneamento consome aproximadamente 8300 MWh o que corresponde a 2,5% do consumo nacional em 2006, figurando como o segundo maior item no custo do saneamento (atrás apenas da folha de pessoal).

Nesse sentido, esta tese pretende estudar as oportunidades de eficiência energética em empresas distribuição de água e saneamento através de medidas que levam à redução de custo com energia elétrica.

**PALAVRAS CHAVE: SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**

## **ABSTRACT**

The incoming crisis on the supply of electrical energy and worldwide initiatives to reduce emissions and mitigate the results of global warming are pushing people to find out ways to save energy and promote its use in a more efficient way. The policy of energy conservation grows on importance around the world, specifically due to the new power plants high costs.

About 2 – 3% of the energy consumption around the world is used on water pump systems and water treatment systems. In Brazil, according to the National System of Information in Water Systems, the water sector is responsible to 2,5% of the national consumption of energy on the year 2006, becoming the second item on the water industry costs.

This work aims to describe opportunities of energy efficiency on water industry by actions that lead to the reduction of operational costs with electrical energy.

**KEY WORDS:** Water industry, energy efficiency, reduction of operational costs with electrical energy

*À Milena, grande exemplo de perseverança e fé  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

*À Deus pelo dom da vida, por ter me permitido viver esta experiência científica, ter me dado saúde para continuar a batalha e paciência para não desistir.*

*À minha mãe, Elizabete ao meu pai, Mário aos meus irmãos e Dr. Oscar, pelo constante incentivo e ainda, pelo carinho, atenção e respeito.*

*Aos amigos de Portugal, pela alegria e respeito, em especial ao amigo José Carlos Sousa pela fraterna acolhida e pela paciência dispensada nas aulas de reforço!*

*Aos amigos do Brasil, pelo companheirismo.*

*Aos colegas do Departamento de Gestão de Energia da CAGEPA, em especial ao Engº Dailton Uchôa pelos ensinamentos.*

*Ao amigo Padre Hércio, tão distante e ao mesmo tempo tão perto, pelas orações e amizade de sempre.*

*Ao Professor Cláudio Monteiro, cuja excelência, dedicação, rigor, espírito crítico, conhecimento, tornaram possível a realização deste trabalho.*

*Ao Professor Francisco Restivo, por todas as vezes que me acolheu no seu gabinete, mesmo em ocasiões que lhe eram menos favoráveis. Um sincero muito obrigado.*

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1</b>	1
<b>INTRODUÇÃO</b>	
1.1. MOTIVAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO	
1.2. OBJETIVOS E ENQUADRAMENTO DO TRABALHO	3
1.3. ESTRUTURA DA TESE	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	6
<b>SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b>	
1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	
2 OBJETIVOS DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	6
3 CONSUMO DE ÁGUA EM COMUNIDADES URBANAS	8
4 PARTES CONSTITUINTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	10
4.1 CAPTAÇÃO	12
4.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	12
4.3 ADUTORA	13
4.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	16
4.5 RESERVATÓRIO	17
4.6 REDE DE DISTRIBUIÇÃO	20
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>O SISTEMA TARIFÁRIO BRASILEIRO E O CUSTO DA ENERGIA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b>	24
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	
2. RESOLUÇÃO 456/2000 DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA	25
2.1. CLASSES DE FORNECIMENTO	26
2.2. GRUPOS DE FATURAMENTO	29
2.2.1 CONSUMIDORES DE ALTA TENSÃO	29
2.2.2. CONSUMIDORES DE BAIXA TENSÃO	30

3. SISTEMA TARIFÁRIO	31
3.1. TARIFA AZUL	33
3.2. TARIFA VERDE	34
3.3. TARIFA CONVENCIONAL	35
4 A TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO	38
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>40</b>
<b>METODOLOGIA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	40
2. GESTÃO DAS FATURAS	41
3. AÇÕES ADMINISTRATIVAS	44
3.1. CORRETA UTILIZAÇÃO DA DEMANDA CONTRATADA	44
3.2. ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA TARIFÁRIA	45
3.3. DESATIVAÇÃO DE UNIDADES CONSUMIDORAS INUTILIZADAS	46
3.4. BUSCA POR ERROS DE LEITURA	46
4. AÇÕES OPERACIONAIS	47
4.1. MELHORIA DO FATOR DE CARGA	47
4.2. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	49
4.3. MUDANÇA DA TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO	58
4.4. UTILIZAÇÃO DE INVERSOR DE FREQUÊNCIA	59
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>63</b>
<b>REDUÇÃO DO CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA</b>	
1. APRESENTAÇÃO DA CAGEPA	
2. PERFIL DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA CAGEPA	64
2.1. PONTOS DE CONSUMO	
2.2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	65
2.3. DESPESA COM ENERGIA ELÉTRICA	65

3.GERENCIAMENTO DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA	66
3.1.CADASTRO DE UNIDADES CONSUMIDORAS	67
3.2.FATURAMENTO DE ENERGIA	68
3.3.FATURAMENTO COMERCIAL	69
3.4.RELATÓRIOS FINAIS	69
4. AÇÕES IMPLEMENTADAS NA CAGEPA PARA REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL COM ENERGIA ELÉTRICA	74
4.1 REVISÃO DOS CONTRATOS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	74
4.1.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS	74
4.1.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	75
4.1.3 RESULTADOS E BENEFÍCIOS ALCANÇADOS	76
4.2 DESATIVAÇÃO DE UNIDADES CONSUMIDORAS INUTILIZADAS	77
4.2.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS	
4.2.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	77
4.2.3 RESULTADOS E BENEFÍCIOS ALCANÇADOS	78
4.3 ELIMINAÇÃO DE ERRO NO FATURAMENTO DE CONSUMO E DEMANDA	79
4.3.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS	
4.3.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	80
4.3.3 RESULTADOS E BENEFÍCIOS ALCANÇADOS	81
4.4 ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA TARIFÁRIA	82
4.4.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS	
4.4.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	83
4.4.3 RESULTADOS E BENEFÍCIOS ESPERADOS	84
4.5 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA ATRAVÉS DA INSTALAÇÃO DE BANCOS DE CONDENSADORES	85
4.5.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS	

4.5.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	87
4.5.3 RESULTADOS E BENEFÍCIOS ESPERADOS	90
<b>CAPÍTULO 6</b>	92
<b>CONCLUSÃO</b>	
6.1 PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO	93
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	97

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Exemplo de sistema simples de abastecimento de água .....	10
FIGURA 2: Sistema de abastecimento de água com captação superficial e subterrâneo que atende zona baixa e zona alta .....	11
FIGURA 3: Sistema de abastecimento de água da cidade de Rio Tinto, Paraíba, Brasil (Fonte: Departamento de Controle Operacional da CAGEPA) .....	11
FIGURA 4: Adutora por gravidade em conduto forçado .....	14
FIGURA 5: Adutora por recalque simples.....	15
FIGURA 6: Adutora mista com trecho por recalque e trecho por gravidade .....	15
FIGURA 8: Reservatório semi-enterrado de montante.....	19
FIGURA 9: Reservatório elevado de montante.....	19
FIGURA 10: Reservatório apoiado de jusante .....	20
FIGURA 11: Reservatório elevado de jusante.....	20
FIGURA 12: Redes de distribuição de água .....	23
FIGURA13: curva de carga do sistema em um dia típico .....	31
Figura14: Característica sazonal do consumo de eletricidade .....	32
Figura 15. Resumo da tarifação adotada pelo Sistema Elétrico Brasileiro .....	36
Figura 16: Porcentagem de desconto na tarifa de energia elétrica para o saneamento básico ao longo dos anos. (Fonte: Cassiano Filho e Tsutiya, 1992) .....	39
FIGURA 17: modelo de um Sistema de Gestão de Energia .....	42
Figura 18: Triângulo Retângulo para representar as relações entre kW, kvar e kVA.....	50
Figura 19: Medição de Indutivo e Capacitivo .....	54
Figura 20: Variação da vazão em uma bomba centrífuga. Fonte: SNSA, 2007 .....	60
Figura 21: Unidades de Negócio da CAGEPA.....	64
Figura 22: Perfil do Uso de energia Elétrica na CAGEPA em 2007.....	65
Figura 23: Tela inicial do SGE da CAGEPA .....	66
Figura 24: Tela para cadastro de Unidade Consumidora .....	67
Figura 25: Tela de acesso aos relatórios .....	70
Figura 26: Extrato do relatório “Despesas Faturadas com Demanda Elétrica Ultrapassada .....	75

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: Tarifas da Concessionária SAELPA.....	36
TABELA 2: Itens de faturamento por tipo de tarifa .....	37
TABELA 3: Despesa com operação das empresas de saneamento em 2006. Fonte: SNIS 12.....	38
TABELA 4: Correção do fator de potência.....	58
TABELA 5: Características das Unidades de Negócio da CAGEPA.....	64
TABELA 6: Unidades consumidoras desativadas .....	78
TABELA 7: Unidades que apresentaram erro no faturamento de consumo.....	81
TABELA 8: Unidades que apresentaram erro no faturamento de demanda .....	82
TABELA 9: Unidades para migrar de tarifação em BT para AT .....	84
TABELA 10: Unidades para correção do fator de potência .....	88
TABELA 11: Dimensionamento dos condensadores .....	90

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 Motivação Para a Realização Deste Trabalho**

Em cada gesto e atividade do nosso cotidiano, a energia está presente e sem ela o mundo pararia completamente. Se os povos primitivos evoluíram a partir da descoberta do fogo, as sociedades modernas evoluirão de forma proporcional a eficiência com que conseguem gerar eletricidade e explorar as fontes energéticas.

Desde a crise do petróleo na década de 70, o mundo vem discutindo alternativas para diminuir a dependência de fontes de energia não renováveis. Inicialmente, o foco das discussões foi centrado no petróleo, pela vulnerabilidade e importância que adquiriu como combustível imprescindível ao ser humano. Medidas emergenciais foram tomadas, alcançando resultados relativos pois, se por um lado lograva-se a desejada queda do consumo, por outro, algumas vezes, eram inevitáveis as perdas em relação ao conforto e bem estar das populações. Mas a lição maior desse período de crise e transição foi a de que é possível desatrelar o desenvolvimento econômico do consumo de energia, por meio do aumento da eficiência e da eliminação de desperdícios, sem a diminuição do conforto

Nas últimas décadas, também ganharam espaço os movimentos ecológicos. Estes alertam que o desenvolvimento irracional, no presente, às custas de um desequilíbrio ecológico no futuro, com conseqüências negativas para a sociedade, tanto para a atual geração como para as próximas. O debate acerca do desenvolvimento sustentável vem justamente conciliar as vias de desenvolvimento com o uso racional dos recursos.

Face à nova realidade e com a consciência de que novos caminhos devam ser encontrados, centra-se a atenção no uso racional da energia. Com esta ótica, o mundo se lançou em projetos que impõem restrições ao desperdício, perseguindo soluções compatíveis com as exigências da sociedade contemporânea. Para alcançar a sustentabilidade pretendida, há que se adotar obrigatoriamente soluções que reduzam o desperdício,

propiciando um uso mais racional da eletricidade (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

Combater o desperdício significa usufruir de todo o conforto e vantagens proporcionados pela energia elétrica, da melhor maneira possível, diminuindo o máximo possível os custos, sem abrir mão da qualidade dos serviços e equipamentos. Além da economia direta no consumo, o combate ao desperdício de energia elétrica trás outras vantagens tanto para o consumidor como para o País:

- Cria a consciência contra o desperdício e a cultura do uso racional dos energéticos;
- Reduz custos para o setor elétrico, para os consumidores e para o País;
- Otimiza investimentos já efetuados no sistema elétrico;
- Reduz a demanda no horário de ponta;
- Melhora as instalações elétricas;
- Posterga ou reduz os investimentos na expansão do sistema elétrico;
- Aumenta a produtividade e a competitividade;
- Melhora o controle do processo de produção;
- Reduz o consumo de outros bem nobres como a água, gases e combustíveis diversos utilizados no processo de produção;
- Garante melhores condições de atendimento ao mercado consumidor de energia elétrica;
- Melhora a eficiência de processos e equipamentos;
- Minimiza o impacto ambiental causado pelas instalações de geração, transmissão e distribuição de energia;
- Forma profissionais capacitados para atuarem neste nicho do mercado de trabalho;

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica no Brasil, o equivalente a 8,3 GWh/ano, são consumidos por prestadores de serviços de saneamento em todo o país. Este consumo engloba os diversos usos nos

processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com destaque para os conjuntos motobomba, que são normalmente responsáveis por 90% do consumo nessas instalações. As despesas totais dos prestadores de serviços de saneamento com energia elétrica chegam a R\$ 1,5 bilhão por ano, variando entre 6,5% a 23,8% das despesas totais, com média de 12, 2% para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário de companhias estaduais de saneamento. (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

Embora não existam dados consolidados sobre quanto da energia consumida é desperdiçada, estima-se que a despesa anual dos prestadores de serviços de saneamento, somente pela ineficiência energética é de R\$ 375 milhões de reais. Despesa esta que, pela ausência de marco regulatório para o setor, é freqüentemente repassada para a sociedade via tarifa. A sociedade, por sua vez, está no limite de seu orçamento, o que tem contribuído para aumentar a inadimplência, que por sua vez acarreta menor faturamento, impactando negativamente os investimentos dos prestadores de serviços de saneamento.

## **1.2 Objetivos e Enquadramento do Trabalho**

A eficiência energética em sistemas de abastecimento de água mostra-se como uma grande oportunidade para redução de custos operacionais nas empresas do setor de saneamento. No Brasil, estas empresas são estatais e ainda convivem com os vícios de uma época onde as empresas de distribuição de energia elétrica também eram estatais e não havia grande controle nos gastos com o insumo energia.

A partir da reestruturação do sector elétrico no Brasil esta preocupação se tornou evidente na medida em que as empresas de saneamento começaram a ser cobradas por utilizar a energia de forma ineficiente (consumo excedente de energia reativa) ou pelo não cumprimento dos contratos de fornecimento de energia elétrica (ultrapassagem da demanda elétrica contratada). Os primeiros passos rumo à eficiência energética nas empresas

deste seguimento passam por ações simples, sejam elas administrativas ou operacionais.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo principal apresentar um guia de ações para redução do custo operacional de energia elétrica e eficiência energética em sistemas de abastecimento de água e saneamento, que tem início com o desenvolvimento de um sistema de gestão das faturas de energia elétrica e culmina em duas classes de ações: administrativas e operacionais.

### **1.3 Estrutura da Tese**

Este documento está dividido em seis capítulos. No capítulo 1, Introdução, apresentamos a racionalização do uso da energia como principal motivação para este trabalho, destacando o grande impacto financeiro que este insumo representa para as empresas do setor de abastecimento de água e saneamento.

No segundo capítulo, descrevem-se as partes constituintes de um sistema de abastecimento de água desde a captação até as redes de distribuição para que se possa entender onde a energia elétrica está inserida neste sistema.

Ao longo do terceiro capítulo é apresentado o modelo tarifário brasileiro a partir do seu instrumento principal, a resolução 456/2000 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

Com a informação recolhida será possível atingir, no quarto capítulo, o tema central desta tese, a proposta de ações para a o uso mais eficiente de energia em sistemas de distribuição de água e saneamento. É apresentado um modelo para a implantação de um sistema de gestão energética para empresas do setor de saneamento e, a partir deste sistema, são propostas ações de cunho administrativo e operacional.

Este modelo de gestão de energia foi implementado na Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, responsável pelo abastecimento de

água e pela coleta de esgotos no estado da Paraíba, Brasil. O quinto capítulo contempla o resultado desta implementação, apresentando o modelo de gestão das contas de energia desenvolvido na CAGEPA e o resultado de algumas das ações propostas no quarto capítulo.

O sexto capítulo apresenta as conclusões sobre os estudos apresentados neste trabalho, além de apresentar sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

### **1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A água é um elemento de extrema importância para a sustentação da vida na terra, haja vista ser essencial para a vida animal e vegetal. Por isso, desde os tempos mais remotos foi possível assistir as mais variadas formas de extração deste importante elemento pela humanidade.

Entende-se por sistemas de abastecimento de água (SAA) o conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para o suprimento de água a comunidades, para fins de consumo doméstico, industrial e público (Gomes, 2004). A sua concepção é extremamente variável em função do porte da cidade, topografia, posição em relação aos mananciais e sua concepção nos remete aos anos 2500 a.C. quando se construíam aquedutos e canalizações para a condução da água dos rios e lagos até as cidades. Mais tarde, este sistema foi aperfeiçoado pelos romanos e gregos, tanto no que diz respeito às técnicas de abastecimento quanto à irrigação das áreas cultivadas, mas somente no século passado é que se dispensou uma maior atenção à proteção da qualidade de água, desde sua captação até sua entrega ao consumidor. Tal preocupação tinha como plano de fundo a relação entre a água e a transmissão de doenças.

### **2 OBJETIVOS DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Um SAA deve funcionar ininterruptamente fornecendo água de boa qualidade para o usuário em quantidade adequada e pressão suficiente. Os objetivos dos sistemas de abastecimentos de água estão intimamente relacionados com a saúde pública da população usuária de tal sistema e podem ser consideradas sob dois importantes aspectos (Barros 1995):

### *Os aspectos: sanitário e social*

- Melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;
- Diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil;
- Aumento da esperança de vida da população;
- Diminuição da incidência de doenças relacionadas a água;
- Implantação de hábitos de higiene na população;
- Facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- Facilidade na implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários;
- Possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar;
- Melhoria das condições de segurança.

### *Os aspectos econômicos*

- Aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- Diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares;
- Facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio e operação;
- Incentivo à indústria turística em localidades com potencialidades para seu desenvolvimento.

Dados importantes da Organização Mundial de Saúde - OMS, estima que pelo menos dez mil pessoas chegam ao óbito diariamente em consequência de acidentes e doenças causadas por falta de habitação adequada e de serviços essenciais de água potável e esgotos sanitários. Constatou-se ainda que nos países em vias de desenvolvimento foi avaliado que aproximadamente 80% dos leitos hospitalares estavam sendo ocupados por pacientes portadores de doenças causadas direta ou indiretamente pela água de má qualidade que estava sendo fornecida e ainda, pelas condições precárias do sistema de saneamento.

Portanto, percebe-se a grande importância do sistema de abastecimento de água e, por isso tem sido tema freqüente nos grandes seminários e reuniões sobre o tema. Assim, percebe-se que a implantação ou melhoria dos serviços

de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde (diminuição das moléstias cujos agentes epidemiológicos são encontrados nas fezes humanas) e nas condições de vida de uma comunidade principalmente através de :

- Controle e prevenção de doenças;
- Promoção de hábitos higiênicos da população;
- Desenvolvimento de esportes (como a natação);
- Melhoria da limpeza pública;
- Conforto e segurança coletiva (refrigeração e combate a incêndio).

A influência da água, do ponto de vista econômico, faz-se sentir mais diretamente no desenvolvimento industrial, por constituir, ou matéria-prima em muitas indústrias, como as de bebida, ou meio de operação, como água para caldeiras, etc.

### **3 CONSUMO DE ÁGUA EM COMUNIDADES URBANAS**

Nas comunidades urbanas, o abastecimento de água deverá atender diversas modalidades de consumo sendo, em geral, o destino da água distribuída:

- Uso doméstico em banhos, bebida, alimentação e limpeza em geral;
- Uso público em edifícios públicos, fontes ornamentais, proteção contra incêndios;
- O comércio em centros comerciais e outras unidades comerciais e a indústria em seus processos;
- Perdas e desperdícios causados por deficiência nas instalações e má utilização.

É importante definir a situação *perda*, em virtude dos grandes impactos que esta atividade causa na seara do abastecimento de água. Assim, podemos definir como *perda* aquela água que não alcança os pontos de consumo por

deficiências ou problemas do sistema, por exemplo, vazamentos na rede, extravasão em reservatórios, rompimento de adutoras, etc.

Em contrapartida, considera-se como *desperdício* a água que é má utilizada pelo consumidor, ou seja, que não é empregada nas finalidades que se destina, por exemplo, uma torneira aberta sem necessidade, uma caixa extravasando continuamente, aguamento displicente de ruas frontais a edificação, etc.

Diversos fatores contribuem para o consumo de água, entre os de maior influência podemos citar as características da população como hábitos de higiene, situação econômica e educação sanitária. Fatores macroeconômicos como o desenvolvimento da cidade e a presença de indústrias também contribuem para o aumento do consumo. Quanto às condições climáticas há uma tendência de redução de consumo nos períodos mais frios e aceleração à medida que a temperatura da estação aumenta.

As características do SAA também influenciam a demanda (quantidade e qualidade da água, sistemas de medição, pressão na rede, etc.). As condições de pressão na rede também são importantes visto que quanto maior for a pressão, maior será a vazão fornecida por peças sanitárias idênticas (Fernandes 2007). Por outro lado a instalação de medidores de consumo nos ramais prediais é um instrumento de inibição do consumo do usuário.

## 4 PARTES CONSTITUINTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A concepção e o dimensionamento e o dimensionamento de cada parte do sistema de abastecimento de água ocorre de forma integrada, apesar de cada unidade variar em termos de projeto de engenharia tais como: porte da cidade, topografia, posição em relação aos mananciais entre outros. De um modo geral, os sistemas são constituídos das seguintes partes:

- Captação;
- Estação elevatória;
- Adutora;
- Estação de tratamento de água;
- Reservatório;
- Rede de distribuição.

As figuras seguintes mostram alguns exemplos de sistemas de abastecimento de água, desde os mais simples até sistemas um pouco mais complexos como é o caso do sistema de abastecimento da região de Rio Tinto no estado da Paraíba – Brasil.

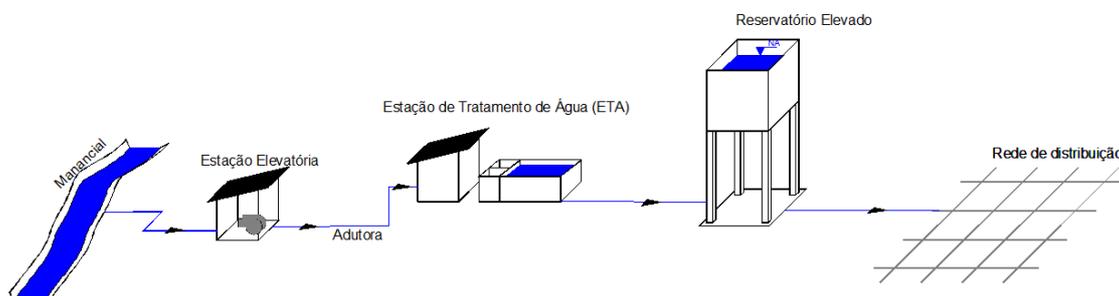


FIGURA 1: Exemplo de sistema simples de abastecimento de água



## **4.1 CAPTAÇÃO**

Sob o ponto de vista das instalações a captação é a primeira providência de um sistema de abastecimento, pois é a unidade do sistema que retira a água do manancial, em quantidade necessária e suficiente para atender ao consumo dos usuários. Todavia, a qualidade da água depende do projeto implantado e, conseqüentemente, do manancial utilizado.

Para os mananciais de superfície existem vários tipos de captação cujas características são ditadas tanto pelo porte e confirmação do leito desses mananciais, associados à topografia e geologia locais, como pela velocidade, qualidade e variação do nível de água. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada o poço de derivação e o reservatório de regularização (Dacach, 1979).

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada da água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Deve-se ainda ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidades de operação e manutenção ao longo do tempo (Tsutiya, 2005)

## **4.2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA**

O transporte da água pode ocorrer por gravidade, por recalque (através de estação elevatória), ou de ambas as maneiras. Os sistemas que funcionam por gravidade possuem a vantagem de não necessitarem do uso de energia para impulsionar a água. Caso contrário, a água é conduzida pressurizada mediante estação elevatória, também conhecida como de recalque ou de bombeamento.

Em um Sistema de Abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias tanto para o recalque de água bruta, como para o

recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória tipo “booster”, que tem a função de aumentar a pressão em adutoras ou rede de distribuição de água. Geralmente são utilizadas em elevatórias de água, bombas centrífugas que succionam a água do poço de sucção e recalcam para outra unidade do sistema (ETA, reservatório ou rede). (Tsutiya, 2005).

### **4.3. ADUTORA**

O transporte de água entre o manancial, a unidade de tratamento e os reservatórios é realizado através de linhas adutoras, que conduzem a água por recalque e/ou por gravidade, dependendo das cotas e das distâncias entre os elementos (Gomes, 2004).

Quanto à natureza da água transportada, as adutoras podem ser classificadas em adutoras de água bruta e adutoras de água tratada. Entretanto, sob o ponto de vista hidráulico, existem os seguintes tipos de adutoras:

- Adutoras por gravidade – Transportam a água de uma cota mais elevada para uma cota mais baixa e podem ser:
  - Em conduto forçado – a água permanece sobre pressão maior que a atmosférica (figura 4);
  - Em conduto livre – a água permanece sob pressão atmosférica;
  - Combinação de condutos forçado e livre;

É importante ressaltar que quaisquer as formas de adução por gravidade dispensam, a princípio, o bombeamento da água, tornando-se, portanto, energeticamente mais econômicas que a adução por recalque. Todavia, dependem das características topográficas locais. Assim, estes tipos de adutoras são favoráveis economicamente, por não precisar de energia elétrica para sua operação.

- Adutoras por recalque – Também denominada de bombeamento, é um tipo de adutora que exige um conjunto elevatório ou uma estação de bombeamento. Nesse sistema, a água é conduzida sob pressão de um ponto a outro mais elevado através de um conjunto motor-bomba e, conseqüentemente com um consumo de energia associado (Bahia 2004). As adutoras por recalque podem ser de duas formas:
  - Único recalque (figura 5);
  - Recalque múltiplo;
- Adutoras Mistas – trechos por gravidade e trechos por recalque. Este tipo de adutora associa os benefícios absolutos na adução por gravidade com os benefícios relativos da adução por recalque, resultando, portanto, nas adutoras do tipo mista que combinam trechos de escoamento por gravidade quando possíveis com outros trechos de escoamento por recalque, aproveitando, assim os desníveis favoráveis do percurso e reduzindo o consumo de energia necessária para o bombeamento de água.

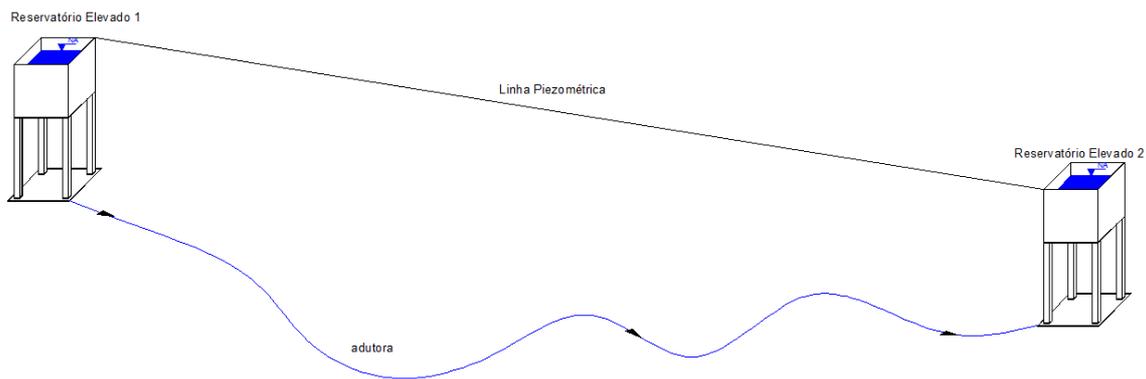


FIGURA 4: Adutora por gravidade em conduto forçado.

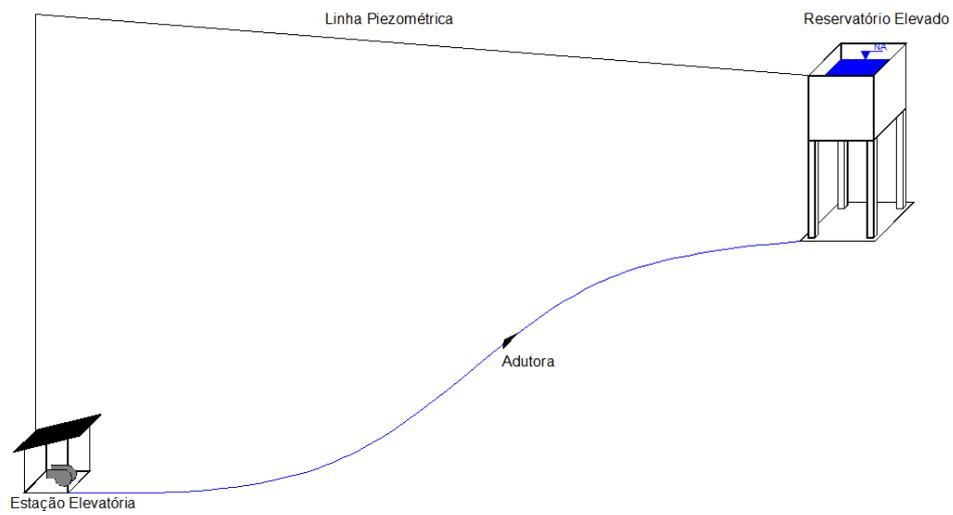


FIGURA 5: Adutora por recalque simples

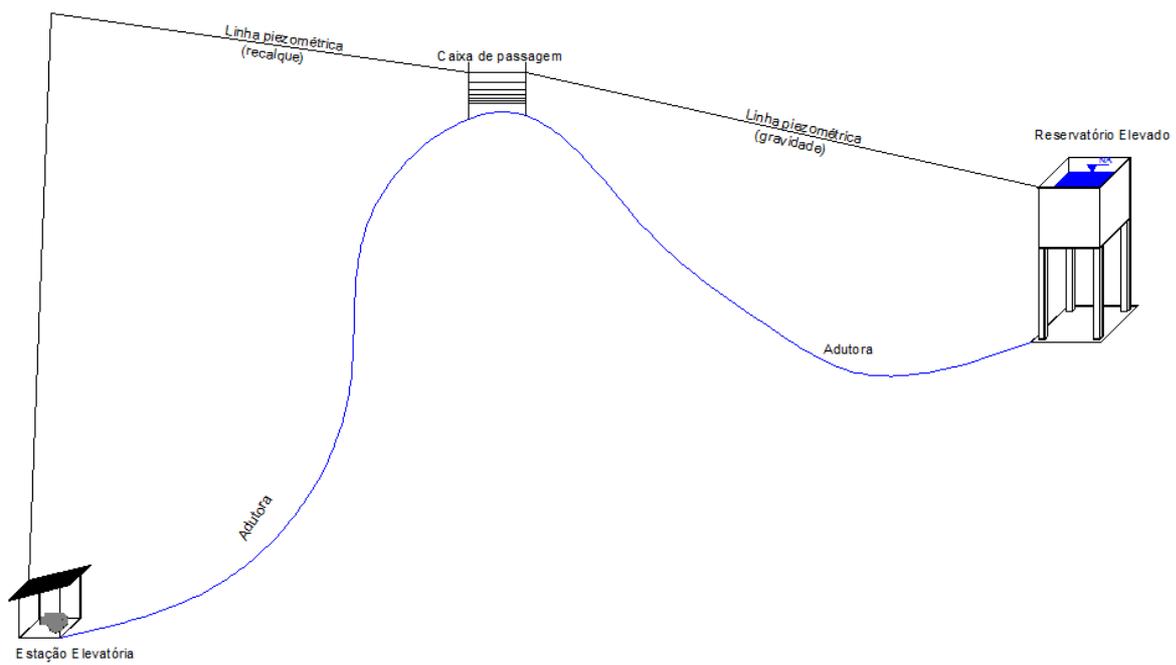


FIGURA 6: Adutora mista com trecho por recalque e trecho por gravidade.

#### 4.4. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Como elucidamos anteriormente, um Sistema de Abastecimento de Água deverá fornecer e garantir à população água de boa qualidade do ponto de vista físico, químico, biológico, bacteriológico, sem impurezas prejudiciais à saúde. Assim, em razão das características qualitativas da água fornecida pelos mananciais, procede-se o tratamento da água em instalações comumente denominadas de Estações de Tratamento de Águas, que pode ser identificada sob a sigla ETAs. Portanto, classicamente, define-se o tratamento de água como “uma seqüência de operações que conjuntamente consistem em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano” (Fernandes, 2007).

É de extrema relevância salientar que nem toda água requer tratamento para abastecimento público, ou seja, o tratamento deverá ser efetuado quando for efetivamente comprovada a sua necessidade, sempre que a purificação for indispensável e, deverá compreender apenas os processos imprescindíveis à obtenção da qualidade desejada para fins de abastecimento público.

Assim, dependerá da qualidade em comparação com os níveis de potabilidade estabelecidos no país, em função dos padrões de potabilidade internacionalmente aceitos para o abastecimento público e de resultados representativos de exames e análises, com a destinação do consumo e conseqüente aceitação dos usuários. Normalmente as águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, visto que apresentam qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, em virtude de sua exposição contínua à poluição. Também se pode comentar que, segundo Fernandes (2007)

“águas de grandes rios, embora não satisfazendo pelo seu aspecto físico ou em suas características organolépticas, podem ser relativamente satisfatórias, sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando a captação localiza-se em pontos menos sujeitos à contaminação”.

Assim o processo de tratamento para abastecimento público de água potável tem as seguintes finalidades básicas (Di Bernardo, 1993):

- Higiênicas - eliminação ou redução de bactérias, substâncias venenosas, mineralização excessiva, teor excessivo de matéria orgânica, algas protozoários e outros microrganismos;
- Estético - remoção ou redução de cor, turbidez, dureza, odor e sabor;
- Econômico - remoção ou redução de dureza, corrosividade, cor, turbidez, odor, sabor, ferro manganês, etc.

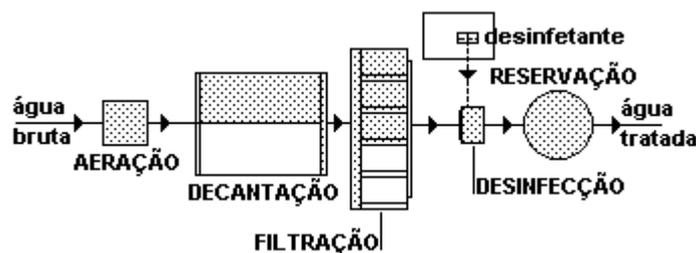


FIGURA 7: Esquema de ETA com filtros lentos. (Fonte: Fernandes2007)

#### 4.5. RESERVATÓRIO

Após o tratamento, a água segue para a distribuição para a população, ou então, para a reservação estratégica em reservatórios de água tratada. A reservação de água tem um papel muito importante no processo de eficiência energética, pois os reservatórios podem exercer o papel estratégico de reserva de água tratada, que permitirá a continuidade da operação de abastecimento sem consumo de energia elétrica por um tempo determinado (Bahia 2004). Os reservatórios de distribuição devem ter a capacidade suficiente para armazenar um terço do consumo diário correspondente aos setores por eles abastecidos.

Sob o ponto de vista energético deve-se também, buscar uma compatibilização entre a reservação de água e o planejamento da operação, evitando-se a operação total ou parcial do sistema com consumo de energia elétrica em horários de pico de energia.

Portanto, segundo Tsutiya, 2005, os reservatórios de distribuição de água são dimensionados para satisfazer às principais funções:

- Funcionar como reserva de equilíbrio regularizando as diferenças entre o abastecimento e o consumo (reguladores da distribuição), atendendo à variação horária do consumo;
- Assegurar uma reserva de água para combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender as condições de emergência (acidentes, reparo nas instalações, interrupção de aduções e outras);
- Manutenção da pressão na rede de distribuição.

Dependendo da sua configuração, podem ser classificados em:

- Enterrado (quando completamente embutido no terreno);
- Semi-enterrado ou semi-apoiado (altura líquida com uma parte abaixo do nível do terreno);
- Apoiado (laje de fundo apoiada no terreno);
- Elevado (reservatório apoiado em estruturas de elevação);

Os tipos mais comuns são os semi-enterrados e os elevados. Os elevados são projetados para quando há necessidade de garantia de uma pressão mínima na rede e as cotas do terreno disponíveis não oferecem condições para que o mesmo seja apoiado ou semi-enterrado.

De acordo com a sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em:

- De montante (antes da rede de distribuição);
- De jusante ou de sobras (após a rede).

Os reservatórios de montante caracterizam-se pelas seguintes particularidades (Fernandes 2007):

- Por ele passa toda a água distribuída a jusante;
- Têm entrada por sobre o nível máximo da água e saída no nível mínimo (Figura 8);

- São dimensionados para manterem a vazão e a altura manométrica do sistema de adução constantes.

Os reservatórios de jusante caracterizam-se pelo armazenamento de água nos períodos em que a capacidade da rede for superior a demanda simultânea ou para complementar o abastecimento quando a situação for inversa.

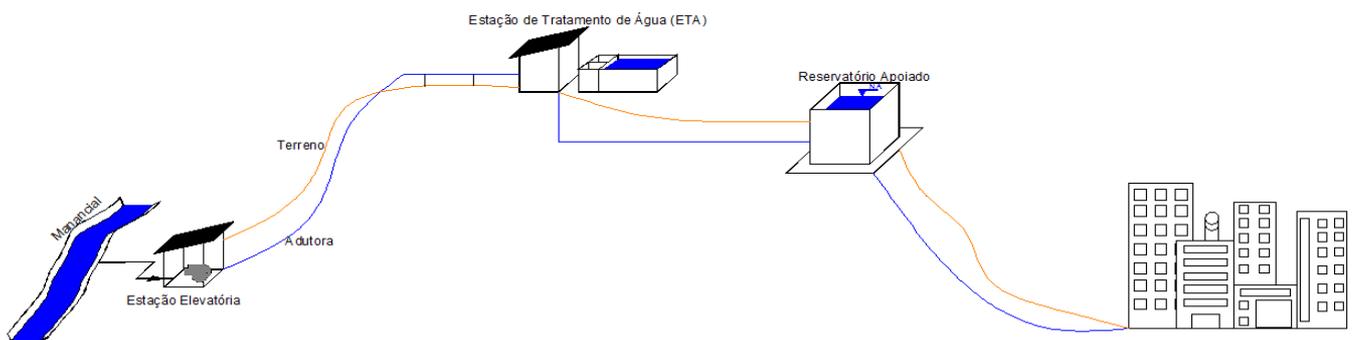


FIGURA 8: Reservatório semi-enterrado de montante.

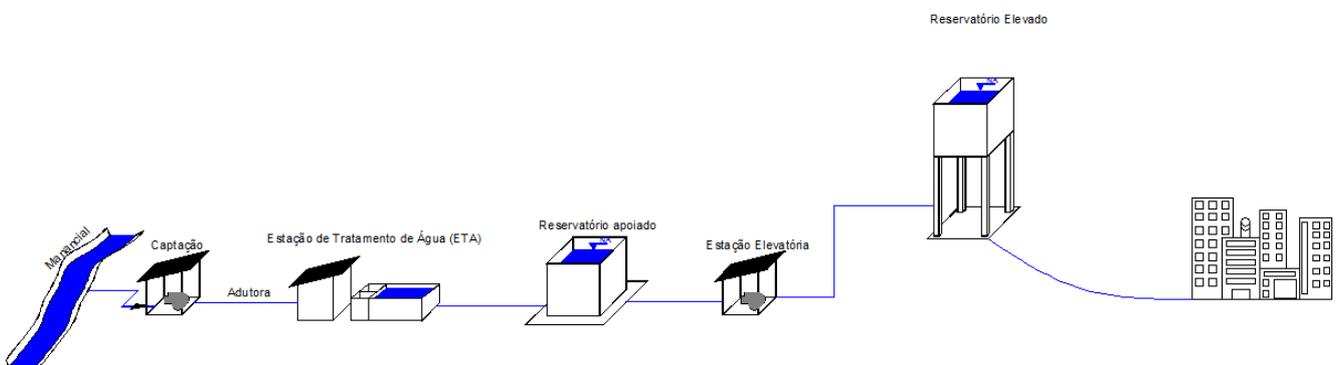


FIGURA 9: Reservatório elevado de montante.

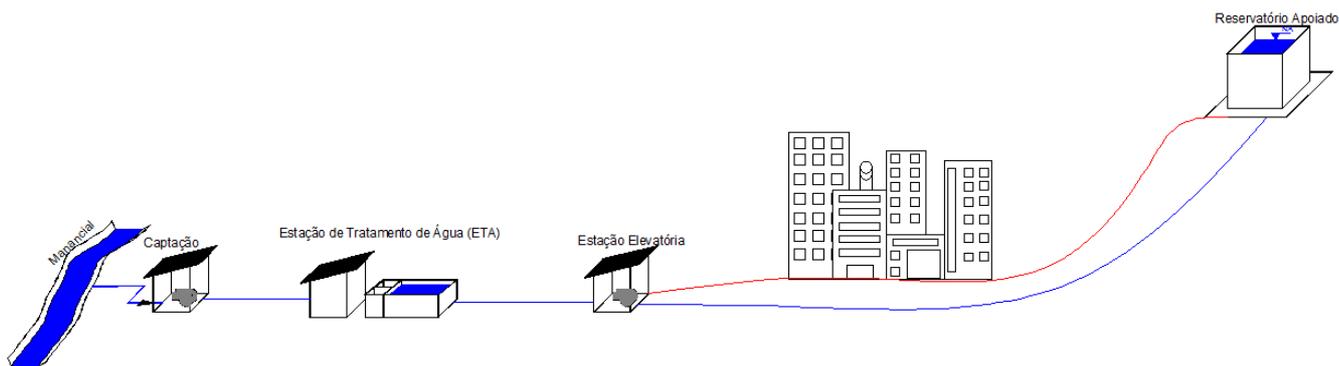


FIGURA 10: Reservatório apoiado de jusante.

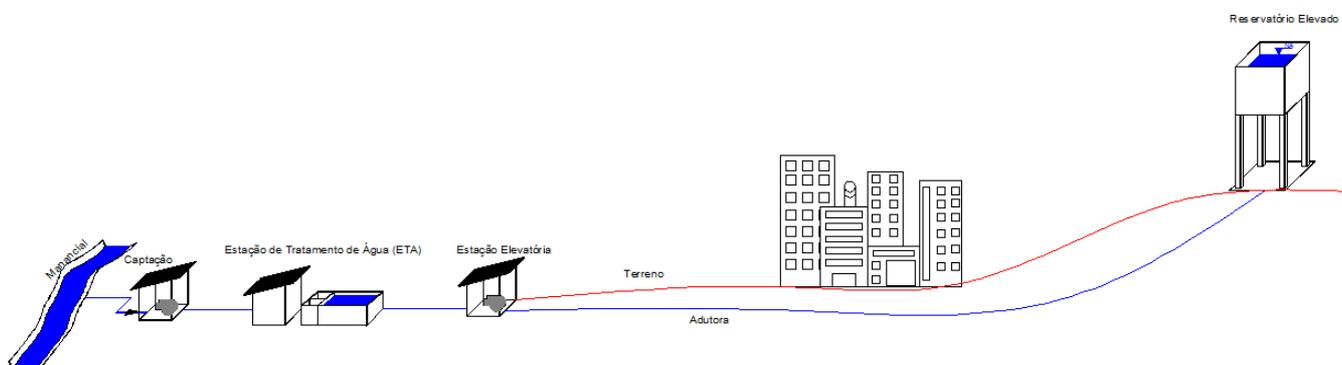


FIGURA 11: Reservatório elevado de jusante.

#### 4.6. REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Ao reservatório, normalmente localizado em um morro próximo, é ligada outra tubulação, que conduzirá a água até as construções. Essa tubulação denominada rede de distribuição, atravessa todas as ruas da cidade, onde, em frente a cada um dos prédios é efetuada uma ligação a outro tubo de menor diâmetro denominado ramal predial. Este ramal, finalmente, é ligado aos reservatórios das edificações, os quais se encarregarão de abastecer as torneiras, máquinas de lavar, chuveiros etc., através das instalações prediais de água.

Nesse sentido (Gomes 2002) explicita o sistema de distribuição de água, desde os reservatórios de distribuição até os pontos de consumo da cidade (ligações domiciliares, hidrantes contra incêndio, chafarizes e outros tipos de tomada de água) realiza-se através de uma ou várias redes de distribuição, com a finalidade de garantir que em cada ponto consumidor a água chegue com vazão necessária, pressão suficiente e que sua qualidade não seja deteriorada.

As tubulações para distribuição da água podem ter origem logo após a captação, nos caso de água de poços artesianos, nas ETAs, nas adutoras e subadutoras ou nos reservatórios.

Os condutos de transporte de água das redes são separados em dois grupos:

- Condutos principais (canalizações de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação de condutos secundários.);
- Condutos secundários (canalizações de menor diâmetro que abastecem os consumidores a serem atendidos pelo sistema);

De acordo com o traçado, as redes podem ser classificadas em:

- Ramificada;
- Malhada.

A figura 12 apresenta alguns tipos de traçado. As redes ramificadas caracterizam-se por apresentar um único sentido para o escoamento. Segundo (Gomes, 2004), a principal vantagem desta rede é que seu custo de implantação é mais barato que o de uma rede malhada do mesmo porte. No entanto, as redes ramificadas apresentam inconvenientes na manutenção, visto que para se executar um reparo em um trecho, todo o ramal a jusante ficará sem água. Desta forma, o emprego deste tipo de rede tem sido descartado em locais onde o abastecimento de água não deve sofrer paralisação, como nos centros urbanos de médio e grande porte. As redes ramificadas são empregadas principalmente no abastecimento de sistemas de irrigação pressurizados, em pequenas comunidades e em urbanizações particulares.

As redes malhadas apresentam os seus trechos interligados em forma de anéis, ou malhas, fazendo com que o sentido das vazões possa mudar, dependendo da demanda nos nós. Por essa razão o dimensionamento de uma rede malhada é mais complexo, quando comparado com o cálculo de uma rede ramificada.

As principais recomendações sobre o traçado das redes urbanas de abastecimento são (Gomes, 2004):

- As tubulações devem ser assentadas em vias ou espaços públicos não edificadas, instaladas preferencialmente sob as calçadas;
- As tubulações dos principais percursos da rede de distribuição devem ser dirigidas às zonas de maior demanda;
- O traçado deve ser prioritariamente malhado.

É importante estar atento para o nível de pressão disponível nas redes de distribuição, fato este intimamente ligado à economia de água e, como consequência, à economia de energia elétrica. Sanar as possíveis perdas no sistema de abastecimento de água é tarefa obrigatória, sem o que qualquer ação para eficiência energética tornar-se-á insignificante frente ao desperdício de água e energia elétrica causado (Bahia 2004).

Assim, quando se está projetando um sistema de abastecimento de água para uma comunidade deve-se buscar todas as alternativas possíveis desde os mananciais até a distribuição da água tratada, e as tecnologias disponíveis, bem como estabelecer critérios de implantação e, principalmente, manter a gestão operacional orientada para os objetivos de garantia de abastecimento, qualidade da água fornecida e eficiência nos consumos de insumos e de energia elétrica.

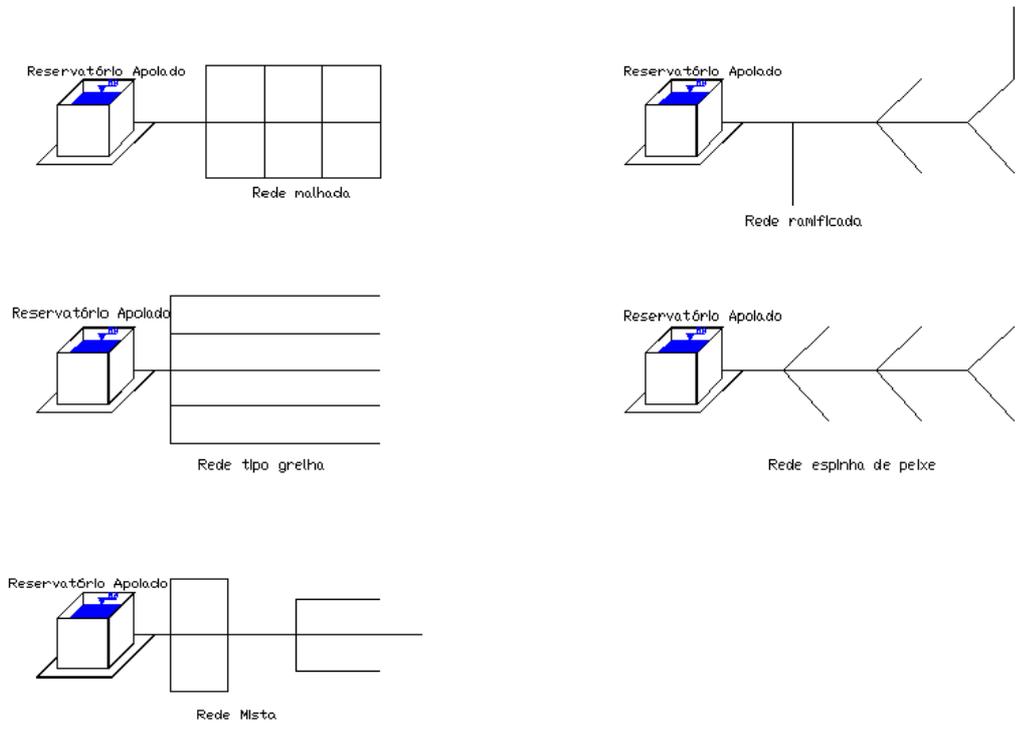


FIGURA 12: Redes de distribuição de água.

## **CAPÍTULO 3 - O SISTEMA TARIFÁRIO BRASILEIRO E O CUSTO DA ENERGIA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

### **1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A comercialização da energia elétrica compreende um conjunto de ações orientadas, aplicadas em determinados segmentos de mercado, cujos resultados esperados devem atender as diretrizes definidas no processo de planejamento da concessionária, visando o cumprimento de seus objetivos.

Portanto, a definição de programas de comercialização tem como base o estudo permanente do mercado, no sentido de identificar características próprias de determinados segmentos, que possam ser traduzidas em oportunidades para a oferta de determinados produtos - diferentes modalidades de fornecimento de energia, os quais são desenvolvidos e apresentados sob a forma de programas, que atendem aos interesses do mercado, bem como as diretrizes da Empresa. O conhecimento detalhado das características do sistema tarifário constitui de imediato, a primeira alternativa a ser estudada com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica.

A estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento, que pode ser em baixa tensão ou alta tensão.

Segundo Costa (2006), “o preço público da eletricidade, ou tarifa, é a prestação a pagar por um serviço não obrigatório, mas essencial para o progresso, organizado em tabelas, cujo conhecimento deve estar ao alcance de qualquer consumidor”. As tarifas de energia elétrica são determinadas pela entidade que regula o setor elétrico brasileiro, denominada Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A ANEEL foi criada na década de 90 quando teve início a reestruturação do setor elétrico brasileiro. A estrutura do setor, inicialmente monopolista e centralizada, passou por uma reestruturação com a privatização das companhias de energia elétrica, segundo um modelo adotado

mundialmente que dividiu a indústria de energia em quatro segmentos: Geração, transmissão, distribuição e comercialização.

Trata-se de uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Suas atribuições consistem em regular e fiscalizar os segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, bem como mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e os consumidores. Entre outros encargos se destaca a garantia de tarifas justas e a qualidade do serviço fornecido pelas concessionárias aos consumidores, além de ser responsável por promover e estabelecer os pontos regulatórios para a competição do setor. Para atingir estas finalidades a ANEEL conta com a descentralização de suas atividades para as agências reguladoras estaduais que firmam convênios entre os Governos Estaduais e o Governo Federal.

A configuração atual do sistema tarifário brasileiro foi definida praticamente em um único instrumento legal: a resolução Nº 456/2000 da ANEEL. Portanto, para entender este sistema e onde nele se encaixam as empresas de abastecimento de água, analisaremos esta resolução com mais detalhes, posteriormente.

## **2 RESOLUÇÃO 456/2000 DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**

A resolução Nº 456/2000 da ANEEL foi publicada no Diário Oficial da União em 30/11/2000 onde estabelece a responsabilidade pela instalação de medição para faturamento tanto os direitos e obrigações das distribuidoras, quanto os direitos e obrigações dos consumidores. O objetivo central que culminou com esta resolução residia na necessidade de aprimoramento do relacionamento entre os agentes responsáveis pela prestação do serviço público de energia elétrica e os consumidores.

Para a elaboração da referida resolução foram levados em consideração: A conveniência de imprimir melhor aproveitamento ao sistema elétrico e, a conseqüente diminuição de investimentos para ampliação de sua capacidade; oportunidade de consolidação das disposições vigentes no período que estavam relacionadas ao fornecimento de energia elétrica, com tarifas

diferenciadas para a demanda de potência e consumo de energia, conforme os períodos do ano, os horários de utilização e a estrutura tarifária horo-sazonal.

Um ponto bastante interessante e, de extrema importância que foi levado em consideração para a elaboração dessa resolução foram as sugestões recebidas dos consumidores, de organizações de defesa do consumidor, de associações representativas dos grandes consumidores de energia elétrica, das concessionárias distribuidoras e geradores de energia elétrica, de organizações sindicais representativas de empregados de empresas e distribuidores de energia elétrica. O fato de se levar em consideração a opinião pública para a elaboração de tal resolução torna claro principalmente o interesse do bem estar social.

## **2.1 CLASSES DE FORNECIMENTO**

Para efeito de aplicação de tarifas, os consumidores são divididos em classes e subclasses apresentadas a seguir:

### **I – Residencial**

- (a) Residencial – Fornecimento para unidade consumidora com fim residencial, incluído o fornecimento para instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações, com predominância de unidades consumidoras residenciais;
- (b) Residencial baixa Renda – Fornecimento para unidade consumidora residencial, caracterizada como “baixa renda” de acordo com os critérios estabelecidos em regulamentos específicos.

### **II – Industrial**

Fornecimento para unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, inclusive transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada

fisicamente à unidade consumidora industrial, devendo ser feita a classificação das atividades conforme definido no Cadastro Nacional de Atividades Econômicas – CNAE. Como exemplo, podemos citar extração de carvão mineral, extração de minerais metálicos, fabricação de produtos têxteis, fabricação de celulose, papel e produtos de papel, etc.

### **III – Comercial, Serviços e outras Atividades**

Fornecimento para unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços, ressalvado o disposto no inciso VII deste artigo, ou outra atividade não prevista nas demais classes, inclusive o fornecimento destinado às instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações com predominância de unidades consumidoras não residenciais, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- (a) Comercial;
- (b) Serviços de Transporte, exclusive tração elétrica;
- (c) Serviços de Comunicações e telecomunicações; e
- (d) Outros Serviços e Outras Atividades.

### **IV – Rural**

Fornecimento para unidade consumidora localizada em área rural, onde seja desenvolvida atividade relativa à agropecuária, inclusive o beneficiamento ou a conservação dos produtos agrícolas oriundos da mesma propriedade, sujeita à comprovação perante a concessionária, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- (a) Agropecuária;
- (b) Cooperativa de Eletrificação Rural;
- (c) Industrial Rural;
- (d) Coletividade Rural;
- (e) Serviço Público de Irrigação Rural
- (f) Escola Agrotécnica;
- (g) Residencial Rural.

## **V – Poder Público**

Fornecimento para unidade consumidora onde, independentemente da atividade a ser desenvolvida, for solicitado por pessoa jurídica de direito público que assuma as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, com exceção dos casos classificáveis como Serviço Público de Irrigação Rural, Escola Agrotécnica, Iluminação Pública e Serviço Público, incluindo nessa classe o fornecimento provisório, de interesse do Poder Público, e também solicitado por pessoa jurídica de direito público, destinado a atender eventos e festejos realizados em áreas públicas, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- (a) Poder Público Federal;
- (b) Poder Público Estadual ou Distrital; e
- (c) Poder Público Municipal.

## **VI – Iluminação Pública**

Fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, e outros logradouros de domínio público, de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, incluído o fornecimento destinado à iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, excluído o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade.

## **VII – Serviço Público**

Fornecimento, exclusivamente, para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana e/ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- (a) Tração Elétrica; e

(b) Água, Esgoto e Saneamento.

## **VIII – Consumo Próprio**

Fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica da própria concessionária, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- (a) Próprio;
- (b) Canteiro de Obras; e
- (c) Interno.

## **2.2 GRUPOS DE FATURAMENTO**

Para efeito de faturamento, os consumidores são divididos em dois grupos:

- Grupo A – alta tensão
- Grupo B – baixa tensão

### **2.2.1 CONSUMIDORES DE ALTA TENSÃO**

Os consumidores do grupo A, são faturados considerando consumo e demanda mensais de energia ativa e reativa excedente se houver. As tarifas aplicáveis seguem dois sistemas: o convencional e o horo-sazonal (azul ou verde).

O grupo A é composto por unidades consumidoras com tensão de fornecimento igual ou superior a 2,3kV, ou atendidas em tensão inferior a 2,3kV por sistema subterrâneo de distribuição. Assim, o grupo A está dividido em função da tensão ou localização, uma vez que estes fatores influem no valor da tarifa de energia elétrica. Os subgrupos estão divididos em (Tsutiya 2005):

- Subgrupo A1 – Consumidores cuja tensão de fornecimento seja igual ou superior a 230kV;

- Subgrupo A2 – consumidores cuja tensão de fornecimento esteja entre 88kV a 138 kV;
- Subgrupo A3 – consumidores cuja tensão de fornecimento seja igual a 69kV;
- Subgrupo A3a – consumidores cuja tensão de fornecimento esteja entre 30 kV e 44 kV;
- Subgrupo A4 – consumidores cuja tensão de fornecimento esteja entre 2,3 kV e 24 kV;
- Subgrupo AS – consumidores atendidos em baixa tensão (inferior a 2,3 kV) que estejam localizados em área de distribuição subterrânea, ou que tenha previsão de vir a sê-lo e que atenda à condição de consumo mensal igual ou superior a 30.000 kWh, no mínimo, em três meses consecutivos no semestre anterior à opção, ou então, celebração de contrato de fornecimento, fixando demanda igual ou superior a 150 kW.

### **2.2.2 CONSUMIDORES DE BAIXA TENSÃO**

Os consumidores do grupo B atendidos com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV são faturados somente com a componente de consumo de energia ativa e reativa quando houver medição. Pertencem a este grupo, consumidores que possuem potência instalada inferior a 75kVA. O grupo B está dividido, em função da classificação, uma vez que esta classificação é que influi na tarifa de energia elétrica, portanto, estão divididas em (Tsutiya 2005):

- 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.

### 3 SISTEMA TARIFÁRIO

As tarifas de eletricidade em vigor possuem estruturas com dois componentes básicos na definição do seu preço:

- Componente relativo à demanda de potência (quilowatt ou kW)
- Componente relativo ao consumo de energia (quilowatt-hora ou kWh)

Até 1981, o único sistema utilizado, denominado Convencional, não permitia que o consumidor percebesse os reflexos decorrentes da forma de utilizar a eletricidade, já que não havia diferenciação de preços segundo sua utilização durante as horas do dia e períodos do ano.

Era indiferente para o consumidor utilizar a energia elétrica durante a madrugada ou no final da tarde, assim como consumir durante o mês de junho ou dezembro. Com isso, o perfil do comportamento do consumo ao longo desses períodos reflete uma tendência natural, vinculada exclusivamente aos hábitos de consumo e às características próprias do mercado de uma determinada região.

A figura abaixo mostra o comportamento médio do mercado de eletricidade, ao longo de um dia. Observa-se, no horário das 17 às 22 horas, uma intensificação do uso da eletricidade. Esse comportamento resulta das influências individuais das várias classes de consumo que normalmente compõem o mercado: industrial, comercial, residencial, iluminação pública, rural e outras.

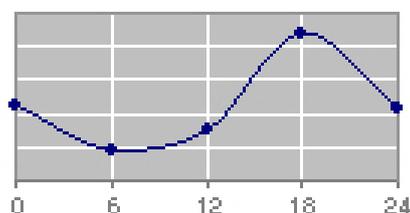


FIGURA13: curva de carga do sistema em um dia típico

O horário de maior uso, acima identificado, é denominado "horário de ponta" do sistema elétrico, e é justamente o período em que as redes de distribuição assumem maior carga, atingindo seu valor máximo aproximadamente às 18 horas, variando um pouco este horário de região para região do país.

Devido à maior carga no sistema de distribuição neste horário, verifica-se que um novo consumidor a ser atendido pelo sistema custará mais à concessionária nesse período de maior solicitação do que em qualquer outro horário do dia, tendo em conta a necessidade de ampliação do sistema para atender ao horário de ponta.

Da mesma forma, o comportamento do mercado de eletricidade ao longo do ano tem características próprias, que podem ser visualizadas na próxima figura.

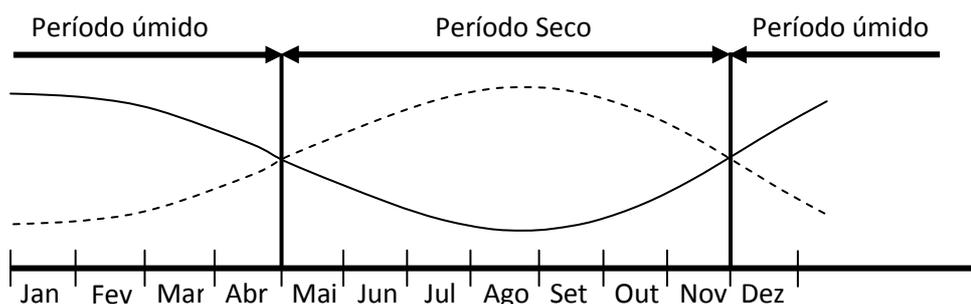


Figura14: Característica sazonal do consumo de eletricidade.

A curva de traço contínuo representa a disponibilidade média de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, constituindo o potencial predominante de geração de eletricidade. A curva pontilhada representa o comportamento médio do mercado de energia elétrica a nível nacional, assumindo um valor máximo justamente no período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima.

Este fato permite identificar, em função da disponibilidade hídrica, uma época do ano denominada "período seco", compreendido entre maio e novembro de cada ano, e outra denominada "período úmido", de dezembro de um ano até abril do ano seguinte. O atendimento ao mercado no período seco só é possível em virtude da capacidade de acumulação nos reservatórios das usinas que estocam a água afluyente durante o ano.

Assim, o fornecimento de energia no período seco tende, também, a ser mais oneroso, pois leva à necessidade de se construir grandes reservatórios, e eventualmente, operar usinas térmicas.

Devido a estes fatos típicos do comportamento da carga ao longo do dia, e ao longo do ano em função da disponibilidade de água, foi concebida a Estrutura Tarifária Horo-Sazonal, com suas Tarifas Azul e Verde, que compreendem a sistemática de aplicação de tarifas e preços diferenciados de acordo com o horário do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido).

### **3.1 TARIFA AZUL**

A tarifa azul é uma modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia, ou seja, a tarifa azul se caracteriza pela cobrança de demanda de potência (kW) e consumo de energia (kWh) onde os preços se encontram segmentados da seguinte forma:

- Demanda de potência (kW)
  - Um preço para ponta;
  - Um preço para fora ponta.
  
- Consumo de energia (kWh)
  - Um preço para ponta em período úmido;
  - Um preço para fora de ponta em período úmido;
  - Um preço para ponta em período seco;
  - Um preço para fora de ponta em período seco.

Aplicar-se-á obrigatoriamente às unidades consumidoras do grupo A, com tensão de fornecimento superior a 69 kV. Opcionalmente, pode ser aplicada a consumidores com tensão de fornecimento inferior a 69kV desde que a demanda contratada seja superior a 30 kW.

### **3.2 TARIFA VERDE**

A tarifa verde é uma modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência. A tarifa verde se caracteriza pela cobrança de demanda de potência (kW) e consumo de energia (kWh), no entanto se diferencia da tarifa azul na medida em que não diferencia horário nem época do ano na cobrança de demanda. Além disso, o preço do kWh em horário de ponta é aproximadamente cinco vezes superior ao cobrado em horário fora ponta. A tarifa verde será aplicada segundo a seguinte estrutura:

- Demanda de potência (kW)
  - Um preço único (independente de período e horário);
  
- Consumo de Energia (kWh)
  - Um preço para ponta em período úmido;
  - Um preço para fora de ponta em período úmido;
  - Um preço para ponta em período seco;
  - Um preço para fora de ponta em período seco.

A tarifa verde será aplicada por opção a todos os consumidores do grupo A com tensão de fornecimento inferior a 69 kV desde que a demanda contratada seja superior a 30 kW.

### 3.3 TARIFA CONVENCIONAL

A estrutura tarifária convencional é caracterizada pela cobrança de demanda de potência (kW) e consumo de energia (kWh) sem distinção de horário do dia ou período do ano, isto é:

- Demanda de potência (kW)
  - Um preço único (independente de período e horário).
  
- Consumo de energia (kWh)
  - Um preço único (independente de período e horário).

A tarifa convencional será aplicada por opção a todos os consumidores do grupo A com tensão de fornecimento inferior a 69 kV desde que a demanda contratada seja superior a 30 kW e inferior a 300 kW.

Na figura 15 é apresentado um resumo da tarifação adotada pelo sistema elétrico brasileiro e na tabela 1 as tarifas da concessionária SAELPA que atende o estado da Paraíba para os subgrupos A3, A4 e B3. Na tabela 2 os itens de faturamento por tipo de tarifa.

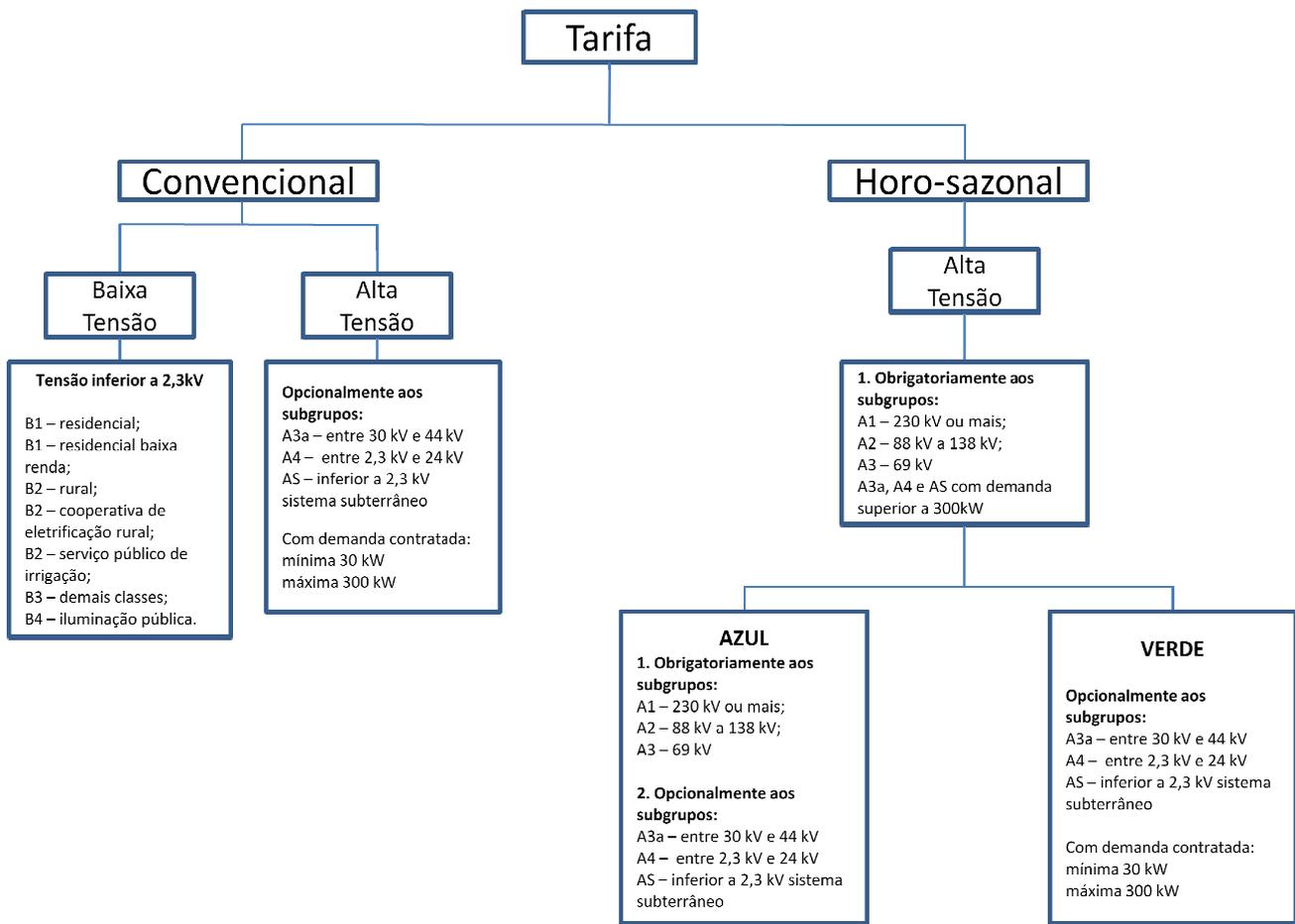


Figura 15. Resumo da tarifação adotada pelo Sistema Elétrico Brasileiro

Subgrupo			A4		A3	B3
Tarifa			Convencional	Horo Sazonal		Convencional
				Azul	Verde	
Consumo (R\$/kWh)	Ponta	Seca	0,14	0,21289	1,10408	0,22
		Úmida		0,208	1,08303	
	Fora Ponta	Seca		0,12999	0,12999	0,1366
		Úmida		0,1251	0,11778	0,1236
Demanda (R\$/kW)	Ponta		49,86	54,11	16,29	-
	Fora Ponta			16,29		

TABELA 1: Tarifas da Concessionária SAELPA

Grupo	Tarifa	Valores a serem faturados				
		Consumo	Demanda	Ultrapassagem de demanda	Excesso de energia reativa	Impostos
A	Convencional	Total medido no mês	Maior Valor entre: Demanda contratada e Demanda medida	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%.	Cobrada sempre que o fator de potência (indutivo e capacitivo) seja inferior a 0,92.	ICMS + PIS + COFINS
	Azul	Diferenciado entre: - períodos do ano: seco; úmido. - períodos do dia: Ponta; Fora ponta.	Para os horários de Ponta e Fora de ponta, maior valor entre: Demanda contratada e Demanda medida	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em: - 5% para os subgrupos A1, A2 e A3; - 10% para os subgrupos A3a, A4 e AS.	Cobrada sempre que o fator de potência (indutivo e capacitivo) seja inferior a 0,92.	ICMS + PIS + COFINS
	Verde	Diferenciado entre: - períodos do ano: seco; úmido. - períodos do dia: Ponta; Fora ponta.	Maior Valor entre: Demanda contratada e Demanda medida	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em: - 5% para os subgrupos A1, A2 e A3; - 10% para os subgrupos A3a, A4 e AS.	Cobrada sempre que o fator de potência (indutivo e capacitivo) seja inferior a 0,92.	ICMS + PIS + COFINS
B	Convencional	Total medido no mês			Cobrada sempre que o fator de potência (indutivo e capacitivo) seja inferior a 0,92.	ICMS + PIS + COFINS

TABELA 2: Itens de faturamento por tipo de tarifa

#### **4 A TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO**

Devido à elevada presença de motores em todo o sistema de abastecimento de água, as empresas deste setor se revelam como grandes consumidores de energia elétrica. De fato, segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, as empresas do setor de saneamento consumiram no ano de 2006 aproximadamente 9600 GWh, o que corresponde a 2,5% do consumo nacional para este ano segundo o Balanço Energético Nacional 2007, sendo os conjuntos motor-bomba responsáveis por 90% deste consumo.

O custo operacional com energia elétrica é ainda potencializado pelo fato de o regime de operação das unidades operacionais ser quase sempre permanente, salvo quando há reservação. Assim, a energia figura como o segundo item na composição média das despesas de operação, ficando atrás apenas das despesas com pessoal, como nos mostra a tabela 3.

<b>Tipo de Despesa</b>	<b>Participação na Despesa de Operação (%)</b>
<b>Pessoal Próprio</b>	36,7
<b>Produtos Químicos</b>	4,2
<b>Energia Elétrica</b>	19,2
<b>Serviços a Terceiros</b>	18,9
<b>Água importada</b>	6,2
<b>Despesas Fiscais ou Tributárias</b>	4,7
<b>Outras Despesas</b>	10

TABELA 3: Despesa com operação das empresas de saneamento em 2006. Fonte: SNIS 12

Como forma de subsidiar as empresas de abastecimento de água, é concedido um desconto na tarifa para a classe Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento. A evolução das tarifas de energia elétrica aplicadas ao

saneamento nos mostra que com o passar dos anos, houve uma diminuição significativa nos descontos dados às empresas deste segmento. A figura 16 mostra a evolução deste desconto ao longo dos anos. No fim da década de 60 este desconto era de 80%, passando a 30% na década de 70 e a 15% na década de 80. Hoje este desconto é de 15%. A diminuição deste desconto aliado ao aumento das tarifas acima da média da inflação são as principais causas deste grande impacto das tarifas no custo operacional das empresas.

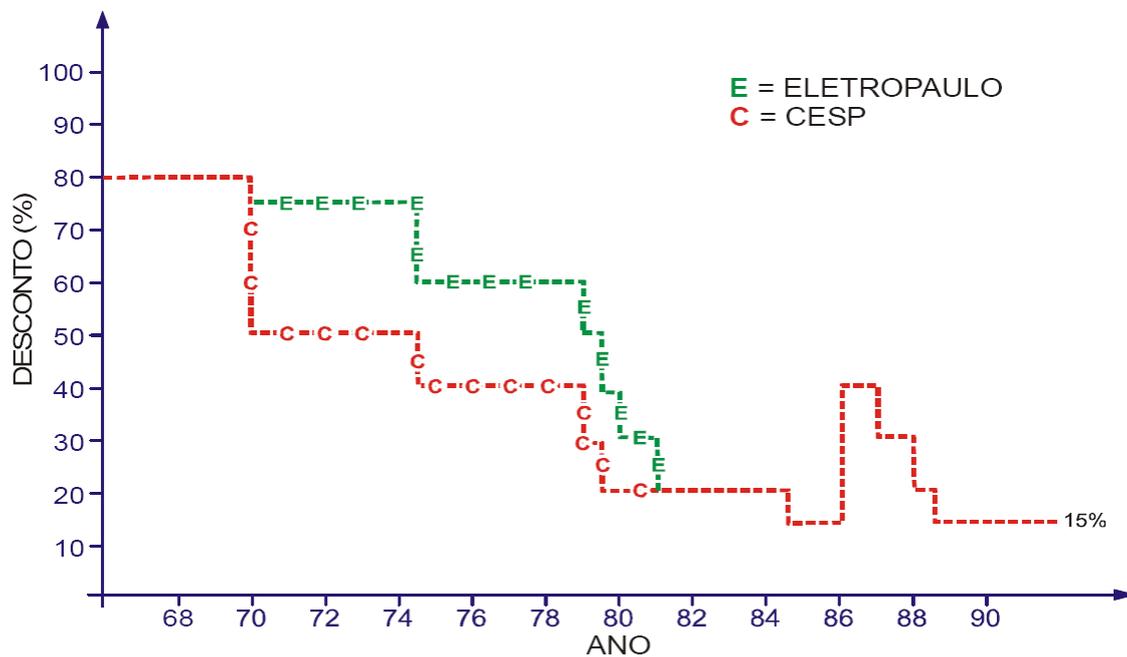


Figura 16: Porcentagem de desconto na tarifa de energia elétrica para o saneamento básico ao longo dos anos. (Fonte: Cassiano Filho e Tsutiya, 1992)

## CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 1 Considerações Gerais

Em todo trabalho de otimização energética de uma instalação, um dos primeiros pontos a serem considerados é a avaliação do histórico de contas e análise da melhor tarifa a ser empregada. Esta ação, apesar de não ser uma ação de eficiência energética propriamente dita, é de suma importância no que diz respeito à possibilidade de obtenção de recursos financeiros, necessários para os investimentos futuros.

Através da análise de contas e adequação tarifária pode-se, muitas vezes, eliminar multas indesejáveis e até chegar a propostas de alterações dos processos produtivos, de modo a reduzir a utilização da energia no horário de ponta, onde as tarifas de consumo e demanda são mais caras. Desta forma, pode-se redirecionar o montante de recursos financeiros economizados aplicando-os em investimentos necessários ao longo do projeto de efficientização. Com a análise tarifária pode-se conseguir um fundo virtual de recursos.

As contas de energia elétrica são fontes de informações importantes, confiáveis e de fácil acesso, pois trazem informações a respeito de como a energia está sendo utilizada em determinado local. Portanto, o primeiro passo que deve ser dado em um estudo visando à redução do custo de energia elétrica, deve ser a análise das faturas mensais de fornecimento de energia, o que permite conhecer como a empresa compra e utiliza a energia elétrica e identificar várias opções de economia auxiliando a elaborar um programa de diminuição de despesas com eletricidade.

É na fatura de energia onde se encontram dados como demanda elétrica contratada e a demanda efetivamente medida, o consumo de energia reativa, a classe de tarifação e a tensão de fornecimento da unidade consumidora, etc.

Dado o grande volume de faturas a analisar, é imprescindível a utilização de uma ferramenta para auxiliar na gestão das contas de energia.

Com o auxílio de um banco de dados podem ser gerados relatórios que identifiquem desvios de demandas contratadas, excedente de consumo de energia reativa, consumo de energia ativa superior a uma média histórica, etc. e assim detectar a existência de anormalidades no faturamento mensal. Além disso, é possível guardar um histórico da operação das unidades consumidoras que poderá ser acessado por técnicos através da intranet da empresa.

Neste sentido, o acompanhamento das contas é uma ferramenta importante de controle, atuando como “termômetro de investimentos”, devendo ser criteriosamente analisado antes de qualquer investimento. Algumas medidas de otimização energética, muitas vezes, não são implementadas devido aos elevados custos envolvidos quando comparados aos possíveis decréscimos nas contas de energia elétrica.

Neste capítulo iremos propor uma metodologia para a supervisão do sistema de energia para uma empresa de saneamento, que começa pela gestão das faturas resultando em ações para redução do custo da energia elétrica utilizada no Sistema de Abastecimento de Água.

## **2. GESTÃO DAS FATURAS**

Antes da reestruturação do setor elétrico brasileiro na década de 90, as empresas do setor de saneamento conviviam com um modelo em que o uso da energia elétrica não figurava como um problema que merecesse atenção dos gestores, já que o atraso no pagamento e os acordos para perdão de multas eram constantes o que gerava uma grande inadimplência. O insumo energia era fornecido por uma empresa que também era gerida pelo Estado.

Hoje, com a privatização de parte das empresas de fornecimento de energia, as empresas de saneamento têm que conviver com uma realidade completamente diferente, o que faz com que estas empresas voltem os olhos para a redução dos custos com energia. O ambiente deixado pela cultura anterior à privatização é bem propício a ações simples que podem levar a um elevado benefício financeiro.

A gestão das faturas de energia através de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) que possibilite a preparação dos dados para uma análise minuciosa das grandezas envolvidas no processo de medição elétrica leva a uma observação mais atenta do que ocorre com as unidades consumidoras.

O SGE é um software capaz de receber dados operacionais e gerar relatórios que vão conduzir o gestor de energia da empresa para diversas ações que possibilitem a redução do custo operacional com energia elétrica. A implementação deste sistema é uma atividade que deve envolver diversos setores da empresa como aqueles responsáveis pelo controle operacional, gestão comercial e, obviamente, gestão de energia e ainda a concessionária de energia, visto que esta deverá disponibilizar o resultado do faturamento mensal de todas as unidades consumidoras da empresa em meio magnético no formato próprio do SGE.

As principais estruturas de formação deste modelo são apresentadas no diagrama de blocos na figura 17.

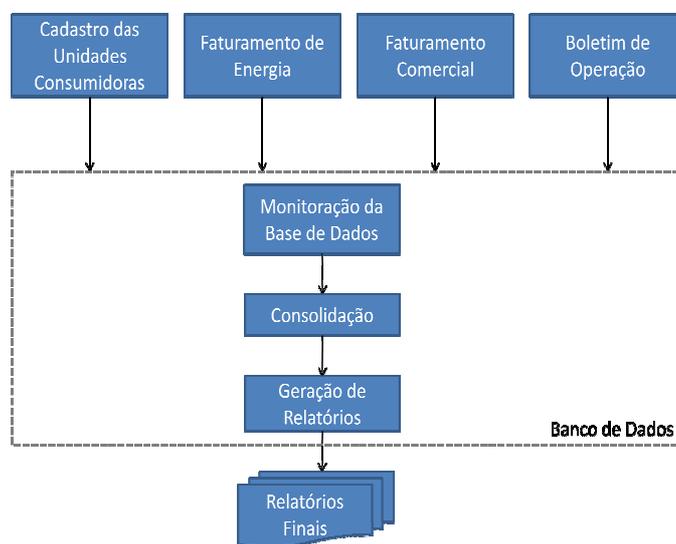


FIGURA 17: modelo de um Sistema de Gestão de Energia

- *Cadastro de Unidades Consumidoras* – responsável pelo cadastro das unidades consumidoras (UC's) apresentando dados necessários à caracterização e identificação única de cada UC. O código de cadastro de cada UC deve coincidir com o utilizado pela concessionária para que

este possa ser identificado quando da atribuição dos dados de faturamento;

- *Faturamento de Energia* – Este módulo é responsável pelos dados de faturamento apurados pela medição da concessionária de energia, portanto, será fornecido mensalmente pela concessionária. O banco de dados deve ser capaz de ler o formato do ficheiro consolidado pela concessionária e atribuir os valores medidos a cada unidade consumidora cadastrada;
- *Faturamento Comercial* – Entrada de dados comerciais da empresa sobre faturamento apresentando volumes de água produzidos e outros resultados financeiros mensais;
- *Boletim de Operação* – Módulo contendo o resultado da operação das UC no período coincidente ao de faturamento da concessionária contendo informações como tempo de operação, paradas (programadas ou não) e acionamentos de conjuntos motor-bomba.
- *Relatórios Finais* – Este módulo contempla os relatórios que irão subsidiar os estudos de gestão de energia e eficiência energética.

A partir dos relatórios gerados pelo SGE podem ser realizadas diversas ações no sentido de tornar o uso da energia mais eficiente. Neste trabalho, iremos dar prioridade às ações que não necessitam de alterações no sistema operacional por serem ações que podem ser aplicadas sem nenhum custo para as empresas. As ações propostas para redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água dividem-se em duas fases:

#### 1ª Fase – Ações Administrativas

- Correta utilização da demanda contratada
- Alteração da estrutura tarifária
- Desativação de unidades consumidoras sem utilização
- Busca por erros de leitura

#### 2ª Fase – Ações Operacionais

- Correção do fator de potência
- Alteração da tensão de alimentação

- Melhoria do fator de carga
- Utilização de inversor de frequência

### **3. Ações Administrativas**

#### **3.1. Correta Utilização da Demanda Contratada**

Esta ação consiste em identificar unidades que estejam operando com demanda elétrica em desacordo com o contrato de fornecimento de energia estabelecido para ela. Podem ser identificados dois casos:

- Demanda medida superior à contratada – Neste caso, o consumidor irá pagar a tarifa de ultrapassagem sobre a diferença entre a demanda medida e a contratada. Como referido no capítulo anterior, o valor da demanda de ultrapassagem é três vezes superior ao da demanda contratada.
- Demanda medida inferior à contratada – Neste caso o consumidor estará pagando por uma demanda não utilizada.

A observação das demandas medidas face às demandas contratadas é uma ação contínua, visto que esta situação adversa pode ocorrer em qualquer mês ao longo do ano. No caso de demanda medida superior à contratada, a ultrapassagem de demanda pode ocorrer basicamente por dois fatores:

- Necessidade operacional de utilização de maior demanda – Exemplo: o manancial está com nível baixo e por isso é necessário a instalação de outro conjunto motor-bomba para garantir a vazão requerida.
- Erro do operador – Exemplo: o operador aciona dois conjuntos que não devem operar simultaneamente.

No caso da ocorrência de demanda medida inferior à contratada, provavelmente houve erro na previsão da demanda que a unidade iria operar. Este fato não salta de imediato aos olhos dos gestores, visto que não é

cobrado tarifa de ultrapassagem, entretanto obriga a empresa a conviver com um sobrecusto e eleva o preço médio da eletricidade.

A demanda contratada apenas poderá ser alterada após o prazo de 12 meses da última alteração contratual. Daí a importância de uma previsão correta por parte da área que realiza o controle operacional da empresa. É importante frisar que, segundo a resolução 456/2000 da ANEEL, qualquer ajuste de demanda só será efetuado se a unidade consumidora estiver de acordo com as normas técnicas da concessionária e da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e se o consumidor estiver com o pagamento em dia.

### **3.2. Alteração da Estrutura Tarifária**

As diversas opções tarifárias citadas no capítulo anterior se colocam para que o consumidor seja capaz de escolher aquela que melhor satisfaz a sua necessidade com menor custo. Esta ação consiste em identificar unidades que poderiam operar em estrutura tarifária diferente da que atualmente operam com menor custo. A escolha da tarifa de uma determinada unidade operacional é feita mediante a simulação das diversas opções e escolha daquela que resulta em menor custo.

A simulação da tarifa é feita tendo como base o número de horas diárias de bombeamento e a potência dos motores instalados na unidade operacional. Assim, obtêm-se o valor a ser pago em cada uma das opções tarifárias.

Preferencialmente, a opção tarifária deve ser feita na fase de projeto. Nesta fase, é possível dimensionar a unidade limitando-se as horas de funcionamento para que ela opere, na medida do possível, fora do horário de ponta quando a tarifa é significativamente mais baixa. Um aspecto que normalmente acontece na prática, segundo (Gomes, 2004) é que, ao longo do tempo, a demanda de água do sistema de abastecimento cresce mais do que a prevista e então a instalação de recalque, que inicialmente estava projetada para operar durante um período inferior a 21 horas (duração do horário fora de ponta), será forçada a funcionar também no horário de ponta, o que vai onerar significativamente o

custo de energia do sistema. Este é um caso típico onde a alteração tarifária poderá representar economia significativa.

### **3.3. Desativação de unidades consumidoras inutilizadas**

Por vezes acontece de uma unidade operacional ficar sem ser utilizada por vários meses e a empresa continuar pagando o valor mínimo estabelecido (equivalente a 100 kWh). A dispersão geográfica das unidades consumidoras e a conseqüente falta de fluxo de informações justificam o fato de estas unidades permanecerem com a mediação de energia mesmo sem ser utilizadas.

O levantamento das unidades consumidoras cadastradas na empresa que estão desativadas e com medição de energia, é uma ação importante que culminará na redução do custo com energia elétrica, mediante o contato com a concessionária solicitando retirar a medição de energia e o desagrupamento comercial destas unidades.

### **3.4. Busca por erros de leitura**

A comparação dos valores medidos pela concessionária com dados coletados em campo são um meio de detectar erros de leitura e faturamento de consumo e demanda por parte da concessionária. Esta comparação poderá ser feita mediante a instalação de equipamentos que realizem a medição em paralelo com a da concessionária fornecendo um meio seguro de informação. Alternativamente, um operador da empresa poderá verificar a leitura no medidor da unidade consumidora e fornecer os dados para comparação.

Se o erro for detectado, uma nova leitura é solicitada à concessionária que, verificando a ocorrência do mesmo, procede com o refaturamento e devolução dos valores pagos indevidamente.

Os erros nas leituras são comuns e podem representar prejuízos irreparáveis visto que, segundo a resolução 456/2000 da ANEEL, estes erros prescrevem num prazo de cinco anos.

## **4. Ações Operacionais**

### **4.1 Melhoria do fator de carga**

O fator de carga é um índice que reflete o regime de funcionamento de uma dada instalação. Um fator de carga elevado, próximo a 1, indica que as cargas elétricas foram devidamente distribuídas ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo, indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em um curto período de tempo, determinando uma demanda elevada.

Deve-se ter em mente, entretanto, que dependendo da característica de funcionamento da unidade consumidora, existirá sempre um limite superior para o fator de carga. Este limite poderá ser determinado tanto pela característica dos equipamentos e processos em que estão inseridos como pelo tempo de funcionamento.

Segundo (Procel, 2004), para controlar e melhorar o fator de carga deve-se buscar ações que influenciem demanda e consumo da seguinte forma:

- Redução da demanda com o deslocamento de cargas para o período de fora de ponta, reduzindo desta forma a demanda máxima registrada;
- Aumento da produção em períodos de baixa demanda.

Nas tarifas convencional e horo-sazonal verde, o fator de carga é único porque existe um único registro de demanda de energia, enquanto que para tarifa horo-sazonal azul haverá dois fatores de carga, um para horário de ponta e outro para fora de ponta.

A análise do fator de carga, além de mostrar se a energia elétrica está sendo utilizada de forma racional, traz uma conclusão importante para definir o tipo de tarifa mais adequada para a instalação. Um fator de carga elevado no

horário de ponta poderá indicar que a tarifa horo-sazonal azul é mais indicada quando comparada à tarifa horo-sazonal verde.

Para o cálculo do fator de carga é considerado um “mês médio” com 730h, sendo 66h no horário de ponta e 664h fora de ponta. Para a tarifa horo-sazonal azul, o fator de carga (ponta e fora de ponta) podem ser calculados pelas equações seguintes:

$$FC_p = \frac{kWh_p}{kW_p \times 66}$$

Onde:

$FC_p$ , fator de carga na ponta

$kWh_p$ , consumo registrado na ponta

$kW_p$ , demanda registrada na ponta

$$FC_{fp} = \frac{kWh_{fp}}{kW_{fp} \times 664}$$

Onde,

$FC_{fp}$ , fator de carga fora da ponta

$kWh_{fp}$ , consumo registrado fora da ponta

$kW_{fp}$ , demanda registrada fora da ponta

Para a tarifa horo-sazonal verde, o fator de carga pode ser calculado por um único fator considerando o consumo na ponta e fora da ponta.

$$FC = \frac{kWh_p + kWh_{fp}}{kW \times 730}$$

Onde:

$FC$ , fator de carga

$kWh_p$ , consumo registrado na ponta

$kWh_{fp}$ , consumo registrado fora da ponta

$kW$ , demanda registrada

Para a tarifa convencional, o fator de carga é calculado da seguinte forma:

$$FC = \frac{kWh}{kW \times 730}$$

Onde:

$FC$ , fator de carga

$kWh$ , consumo mensal registrado

$kW$ , demanda registrada

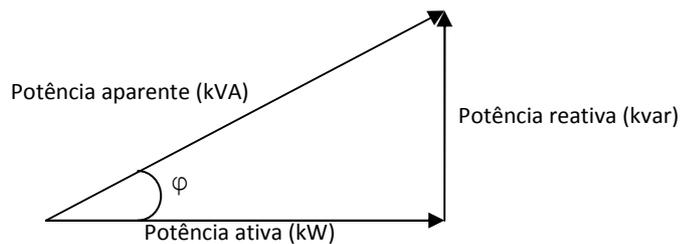
## 4.2 Correção do Fator de Potência

A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

- **Potência Ativa:** Potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc. É medida em kW.
- **Potência Reativa:** potência usada apenas para criar e manter o campo eletromagnético das cargas indutivas. É medida em kvar.

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kvar e kVA, conforme a figura 18 abaixo.



Da figura podemos estabelecer as seguintes relações:

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos \varphi = \cos \left( \text{arc tg} \left( \frac{kvar}{kW} \right) \right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

Segundo (Tomoyuki, 2005) as principais causas do baixo fator de potência em instalações de saneamento são:

- **Motores operando em vazio** – os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, operando em vazio ou a plena carga. Entretanto, o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica aplicada no eixo do motor. Assim, quanto maior a carga, maior será a energia ativa consumida e quanto menor a carga mecânica aplicada, menor a energia consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.

- **Motores superdimensionados** – geralmente os motores superdimensionados resultam de um projeto inadequado ou, no caso de uma instalação existente, é muito comum o costume da substituição de um motor por outro de maior potência quando da manutenção para reparos dos motores; por acomodação a substituição transitória passa a ser permanente, não se levando em consideração que o superdimensionamento provocará baixo fator de potência.
- **Transformadores operando em vazio** – de forma análoga aos motores, os transformadores operando em vazio consomem quantidade de energia reativa relativamente grande quando comparada com a energia ativa, provocando baixo fator de potência.
- **Transformadores superdimensionados** – é o caso particular da utilização de transformadores de grande potência para alimentar pequenas cargas durante longos períodos.
- **Nível de tensão acima da nominal** – quanto maior for a tensão aplicada aos motores de indução além da nominal, maior será a quantidade de energia reativa consumida e, portanto, menor será o fator de potência.
- **Grande quantidade de motores de pequena potência** – a utilização simultânea de muitos motores de pequena potência provoca baixo fator de potência, uma vez que o dimensionamento correto dos mesmos às máquinas neles acopladas não é simples, ocorrendo com frequência o superdimensionamento.

As principais conseqüências de um baixo fator de potência são elencadas a seguir:

- **Perdas na instalação** – as perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ( $Ri^2$ ). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

- **Quedas de tensão** – o aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.
- **Subutilização da capacidade instalada** - A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O "espaço" ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas. Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Uma forma de reduzir a circulação de energia reativa pelo sistema elétrico consiste em “produzi-la” o mais próximo possível da carga, utilizando condensadores. Instalando-se condensadores junto às cargas indutivas, a circulação de energia reativa fica limitada a estes equipamentos. Na prática, a energia reativa passa a ser fornecida pelos condensadores, liberando parte da capacidade do sistema elétrico e das instalações da unidade consumidora. Isso é comumente chamado de “compensação de energia reativa”.

A correção pode ser feita instalando os condensadores de quatro maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício (ABRADEE, 2004):

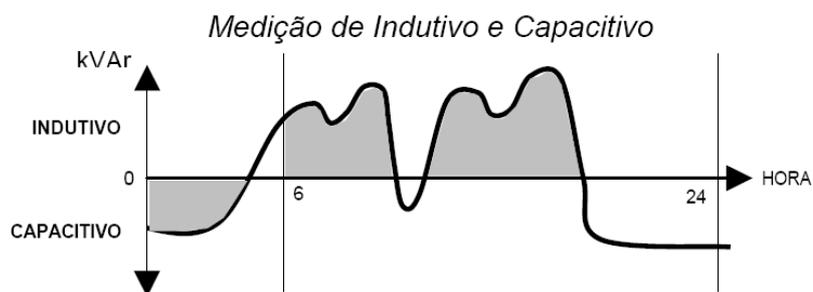
- **Correção na entrada da energia de alta tensão** - corrige o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado.
- **Correção na entrada da energia de baixa tensão** - permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de condensadores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.
- **Correção por grupos de cargas** - o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (menor que 10cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.
- **Correção localizada** - é obtida instalando-se os condensadores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa, do ponto de vista técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens:
  - a) Reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
  - b) Diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
  - c) Pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
  - d) Gera potência reativa somente onde é necessário.

A escolha da melhor alternativa dependerá de análise técnica e econômica de cada instalação. Em sistemas de abastecimento de água as cargas são geralmente motores e, dependendo da potência e tensão dos motores, será decidida a forma de compensação.

O fator de potência não influi diretamente na energia elétrica paga nas contas mensais, isso porque os medidores de energia medem apenas a potência absorvida e não a potência aparente. Entretanto, nos motores em que o fator de potência é baixo, as correntes são maiores, aumentando as perdas na instalação, e em consequência, as concessionárias cobram uma sobretaxa pela energia elétrica para fator de potência abaixo de 0,92, resultando em aumento das contas mensais.

A legislação anterior à resolução 456/2000 da ANEEL estabelecia a cobrança de um ajuste pelo baixo fator de potência (abaixo de 0,85 até 1992 e abaixo de 0,92 a partir de 1992). A nova legislação estabelece o faturamento de energia reativa excedente. Com isso, as concessionárias passam a faturar a quantidade de energia ativa que poderia ser transportada no espaço ocupado por esse consumo de energia reativa. Assim, é cobrado o **consumo** e **demanda** de energia reativa com tarifa igual aquela aplicada à energia ativa.

Outro ponto definido pela resolução 456/2000 da ANEEL é o período de tarifação da energia reativa indutiva e capacitiva: das 6h da manhã às 24h o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa **indutiva** fornecida pela concessionária, e das 24h até as 6h no mínimo 0,92 para energia e demanda de potência reativa **capacitiva** recebida pela concessionária. A figura 19 abaixo mostra um exemplo desta forma de cobrança. A parte cinza seria passível de faturamento.



A ocorrência de excedente de reativo é verificada pela concessionária através do fator de potência mensal ou do fator de potência horário. O fator de potência mensal é calculado com base nos valores mensais de energia ativa ("kWh") e energia reativa ("kvarh"). O fator de potência horário é calculado com

base nos valores de energia ativa ("kWh") e de energia reativa ("kvarh") medidos de hora em hora.

Para a unidade consumidora faturada na estrutura tarifária horo-sazonal ou na estrutura tarifária convencional, o faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica e à demanda de potências reativas excedentes, é calculado de acordo com as seguintes fórmulas:

$$FER_p = \sum_{t=1}^N \left[ CA_t \cdot \left( \frac{f_r}{f_t} - 1 \right) \right] \cdot TCA_p$$

onde:

$FER_p$  = valor do faturamento, por posto horário "P" (Ponta ou Fora Ponta), correspondente ao **consumo de energia reativa excedente** à quantidade permitida pelo fator de potência de referência " $f_r$ ", no período de faturamento;

$CA_t$  = Consumo de energia ativa medido em cada intervalo de 1 hora " $t$ ", durante o período de faturamento;

$f_r$  = Fator de potência de referência igual a 0,92;

$f_t$  = Fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo " $t$ " de 1 hora, durante o período de faturamento;

$TCA_p$  = Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento em cada posto horário.

$$FDR_p = \left[ \text{MAX}_{t=1}^n \left( DA_t \times \frac{f_r}{f_t} \right) - DF_p \right] \times TDA_p$$

onde:

$FDR_p$  = valor do faturamento, por posto horário "P" (Ponta ou Fora Ponta), correspondente à **demanda de potência reativa excedente** à quantidade permitida pelo fator de potência de

referência “ $f_r$ ”, no período de faturamento;

$DA_t$  = Demanda medida no intervalo de integralização de 1 hora “ $t$ ”, durante o período de faturamento;

$f_r$  = Fator de potência de referência igual a 0,92;

$f_t$  = Fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “ $t$ ” de 1 hora, durante o período de faturamento;

$DF_p$  = Demanda faturável em cada posto horário “ $p$ ” no período de faturamento;

$TCA_p$  = Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento em cada posto horário.

A demanda de potência e o consumo de energia reativa excedentes, calculados através do fator de potência mensal, serão faturados pelas expressões seguintes. O fator de potência mensal é utilizado em unidade consumidora faturada na estrutura tarifária convencional que não possui instalado medidor que permita a leitura do fator de potência horário e conseqüente aplicação das fórmulas acima.

$$FDR = \left( DM \times \frac{f_r}{f_m} \right) - DF \times TDA$$

onde:

$FDR$  = valor do faturamento total correspondente à **demanda de potência reativa excedente** à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “ $f_r$ ”, no período de faturamento;

$DM$  = Demanda medida durante o período de faturamento;

- $f_r$  = Fator de potência de referência igual a 0,92;
- $f_m$  = Fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;
- $DF$  = Demanda faturável no período de faturamento;
- $TCA$  = Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento.

$$FER = CA \times \left( \frac{f_r}{f_m} - 1 \right) \times TCA$$

onde:

- $FER$  = valor do faturamento total correspondente ao **consumo de energia reativa excedente** à quantidade permitida pelo fator de potência de referência " $f_r$ ", no período de faturamento;
- $CA$  = Consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento;
- $f_r$  = Fator de potência de referência igual a 0,92;
- $f_m$  = Fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;
- $TCA$  = Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento.

A tabela 4 abaixo indica que ações realizar em instalações com baixo fator de potência, bem como onde instalar os condensadores.

Local	Principais causas do baixo fator de potência	Consequências do baixo fator de potência	Ações a realizar
Entrada de energia de alta tensão	Grandes transformadores alimentando pequenas cargas, ou em vazio por longos períodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- esses transformadores consomem uma quantidade de energia reativa realmente grande, comparada a energia ativa, provocando baixo fator de potência.</li> <li>- Transformadores e capacitores permanentemente ligados acarretam perdas de energia e redução de via útil, estando sujeitos também a maiores riscos de avaria.</li> <li>- Verificar a tensão de operação da rede após a instalação de capacitores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalação de um transformador auxiliar, de menor potência, para alimentar as pequenas cargas e possibilitar o desligamento do transformador principal.</li> <li>- instalação de capacitores estáticos na alta tensão.</li> </ul>
Entrada de energia de baixa tensão	Nível da tensão da instalação acima da nominal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avaria da instalação com desgaste prematuro;</li> <li>- aumento do desgaste nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica;</li> <li>- incremento das perdas de potência;</li> <li>- aumento do investimento em condutores e equipamentos.</li> </ul> <p>Condutores sujeitos à limitação térmica de corrente;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- saturação da capacidade dos equipamentos, impedindo a ligação de novas cargas;</li> <li>- dificuldade de regulação do sistema;</li> <li>- se os capacitores forem ligados com a tensão elevada, eles a elevariam ainda mais, agravando o problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verificar e ajustar os "taps" do transformador para a tensão adequada.</li> <li>- regular os "taps" fazendo o ajuste da tensão secundária da rede de instalação de capacitores.</li> </ul>
Junto a Carga	Motores trabalhando em vazio (sem carga) durante parte do tempo.	quanto menor a carga mecânica solicitada, menor a energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.	a principal medida é eliminar os períodos de funcionamento a vazio.
		sem carga mecânica em seu eixo, os motores de indução consomem energia reativa para manutenção do campo magnético.	em motores de difícil partida, é recomendável a instalação de capacitores ou até mesmo a utilização de motores síncronos.
	Motores superdimensionados para respectivas cargas	a plena carga, os motores de indução também consomem energia reativa para manutenção do campo magnético.	instalar motor corretamente dimensionado para potência exigida pela máquina.
	grande quantidade de motores de pequena potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- podem comandar a ponta de carga e tornar insuficiente a compensação do fator de potência anteriormente existente.</li> <li>- flutuações de tensão podem ocasionar queima de motores.</li> </ul>	instalar capacitores para garantir o fator de potência acima de 0,92. Calcular a compensação para 0,95, para as flutuações das cargas e eventuais diferenças.
	lâmpadas de descarga	alteração do fator de potência devido ao reator que limita a corrente de funcionamento e apresenta baixo fator de potência como característica de operação.	usar reatores com alto fator de potência

TABELA 4: Correção do fator de potência

### 4.3. Mudança da Tensão de Alimentação

Consiste na alteração do padrão de entrada de energia de baixa para alta tensão. Para tanto, deve-se realizar obras de para a construção de nova

entrada de energia em alta tensão fazendo-se necessário que a empresa possua um transformador próprio para alimentar os equipamentos desta unidade. O consumo com tarifa em alta tensão geralmente é mais econômico que em baixa tensão. No entanto cada caso deve ser estudado separadamente, visto que em uma unidade com baixo fator de carga o custo que passará a incorrer pelo fato de se contratar demanda elétrica, poderá tornar esta alternativa mais onerosa que continuar em baixa tensão.

#### **4.4 Utilização de Inversor de Frequência**

Para abastecimento de água da zona alta, tradicionalmente no Brasil, tem sido utilizado o reservatório elevado alimentado por uma estação elevatória com bombas de rotação constante. De um modo geral, verifica-se que o reservatório elevado tem a função principal de garantir a pressão na rede, sendo o seu volume insuficiente para que lhe seja atribuída a finalidade de reservação (Tsutiya, 2007). Em um sistema de abastecimento, quando o bombeamento de água é dirigido diretamente ao consumidor, torna-se necessário controlar a vazão em função da demanda. Em geral, esse tipo de abastecimento é realizado para atender regiões onde os estudos econômico-financeiros mostrarem que os custos para implantação de sistemas tradicionais de abastecimento com utilização de reservatórios são mais elevados.

A bomba (ou um grupo de bombas) geralmente é selecionada para garantir a máxima vazão necessária ao sistema, nas condições de rendimento máximo. Entretanto, quando o sistema solicita uma vazão menor, torna-se necessário efetuar o controle de vazão da bomba através da mudança de suas características ou das características do sistema de bombeamento. O controle de vazão das bombas, através das modificações nas características do sistema de bombeamento, pode ser realizado através de manobras de válvulas, enquanto que o controle de vazão pelas variações da curva característica da bomba pode ser feito através do controle do número de bombas e pela variação da rotação das bombas.

Uma bomba centrífuga, para uma determinada rotação e um diâmetro do rotor, opera segundo uma curva *Vazão (Q) x Altura Manométrica (H)* e um

rendimento, para cada ponto de operação ao longo desta curva. Quando ocorre o deslocamento deste ponto de operação pela variação da demanda de água ou da altura manométrica, o motor poderá vir a operar fora do ponto de trabalho nominal e em condições de baixo rendimento, além de demandar uma potência acima das necessidades. A figura 20 mostra a variação da curva característica da bomba (Q-H) decorrente da variação da rotação da bomba.

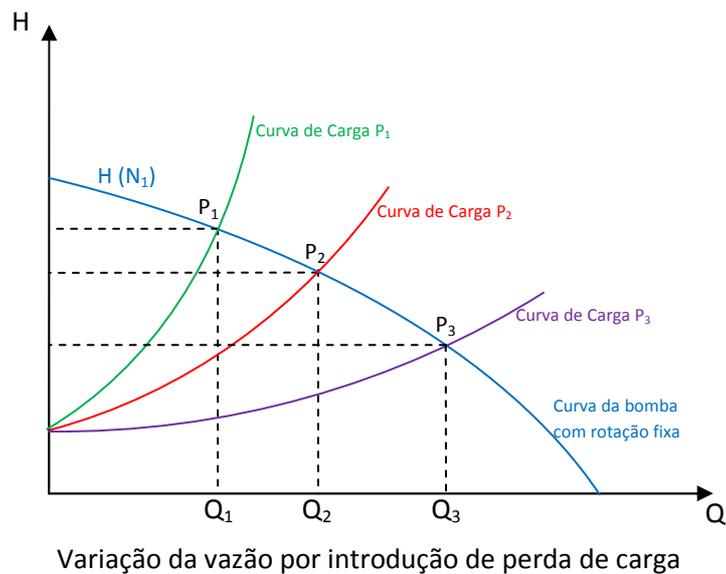
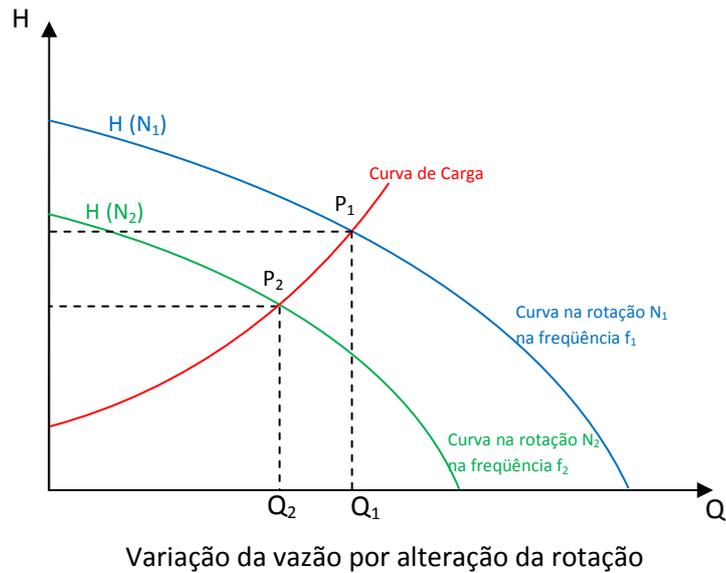


Figura 20: Variação da vazão em uma bomba centrífuga. Fonte: SNSA, 2007

A rotação de motores elétricos de indução é dada pela expressão:

$$N_s = \frac{120 f}{p}, \quad \text{onde } N_s = \text{rotação síncrona, RPM};$$

f = frequência, Hz;

p = número de pólos.

Dentre os vários tipos de equipamentos de variação de rotação destaca-se o inversor de frequência, que é um equipamento eletrônico que varia a frequência da tensão aplicada e, conseqüentemente, a rotação do motor. No caso de bombas centrífugas, isso resulta na possibilidade de controlar a vazão. Além disso, o inversor pode ser utilizado para partida e parada suave do motor, pois aumentando ou diminuindo sua rotação através de uma rampa de aceleração, faz-se com que a corrente de partida ou parada possa ser controlada.

Inversores de frequência são indicados normalmente para as seguintes situações (SNSA, 2007):

- Em sistemas com pressurização na rede, tipo booster, quando é necessário manter constante a pressão na rede independentemente da demanda de água;
- Nas elevatórias de esgoto, em função do nível e autonomia do poço de chegada, pode-se diminuir a vazão da bomba demandando menos potência da rede elétrica e ainda associando esta situação com horários em que a tarifa de energia elétrica seja de menor valor.

As principais vantagens e desvantagens de um inversor de frequência são apresentadas a seguir (RALIZE e MARQUES, 2006):

➤ Vantagens:

- Montagem simples;
- A corrente do motor é controlada de forma suave, sem picos;

- Permite variar a rotação do motor em função da variação da frequência da tensão;
- As proteções elétricas (sobrecorrente, supervisão trifásica, etc.) são incorporadas no próprio equipamento, reduzindo o número de componentes e o tamanho do painel;
- Manutenção do fator de potência próximo de 1, eliminando a necessidade de correção por meio de condensadores;
- Proporciona economia de energia elétrica.

➤ Desvantagens:

- Custo elevado;
- O inversor de frequência gera harmônicas que fluem para o sistema elétrico da instalação e para a rede elétrica externa causando interferências com outros consumidores.

## **CAPÍTULO 5 - Redução do Custo com Energia Elétrica na Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA**

### **1. Apresentação da CAGEPA**

Criada em 30 de dezembro de 1966, a Cagepa é responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgotos em 185 dos 223 municípios que abrangem toda a área do estado da Paraíba (56.585 km<sup>2</sup>). A empresa tem um patrimônio de R\$ 389 milhões e tem como acionista principal o Governo do Estado, dono de 99,9% de seu Capital Social. Os outros 0,1% são distribuídos entre Prefeitura de Campina Grande, Paraíba, SUDENE (A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) que vem a ser uma autarquia é uma autarquia especial, administrativa e financeiramente autônoma, integrante do Sistema de Planejamento e de Orçamento Federal, criada pela Lei Complementar nº 125, de 03/01/2007, com sede na cidade de Recife, Estado de Pernambuco, e vinculada ao Ministério da Integração Nacional e o Dnocs que é o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca, que vem a ser um órgão do governo federal, vinculado ao Ministério da Integração Nacional e com sede em Fortaleza, Ceará..

As duas principais atividades desenvolvidas pela empresa são abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos. O atendimento nos municípios e a gestão da operação e da manutenção são feitos através das Gerências Regionais espalhadas pelo Estado. São elas, a do Litoral, com sede em João Pessoa; Brejo, em Guarabira; Borborema, em Campina Grande; Espinharas, em Patos; Rio do Peixe, em Sousa, e Alto Piranhas, em Cajazeiras.



Figura 21: Unidades de Negócio da CAGEPA

	Alto Piranhas	Rio do Peixe	Espinharas	Borborema	Brejo	Litoral
<b>Municípios na Área de Influência da Unidade</b>	22	26	45	67	40	23
<b>Distritos e Vilas na Área de Influência da Unidade</b>	17	5	5	22	13	11
<b>Localidades Abastecidas pela CAGEPA</b>	19	21	30	61	41	19
<b>Número de Ligações de Água</b>	35.411	56.621	72.374	195.417	91.975	262.374
<b>Número de Ligações de Esgoto</b>	2.202	5.519	2.933	66.813	11.773	72.825
<b>População Urbana Total</b>	114.467	188.694	273.050	718.318	305.058	1.091.361
<b>População Abastecida (Água)</b>	108.745	181.837	230.639	669.451	264.178	998.738
<b>População Servida (Esgoto)</b>	5,09%	9,26%	3,23%	37,46%	13,75%	33,16%

TABELA 5: Características das Unidades de Negócio da CAGEPA

## 2. Perfil do Uso de Energia Elétrica na CAGEPA

### 2.1 Pontos de Consumo

A CAGEPA é responsável por 658 pontos de consumo de energia elétrica espalhados por todo o estado. Destes, 159 são tarifados em alta tensão

(Grupo A), e assim, possuem contrato de Fornecimento de Energia onde é contratada uma demanda mensal. Dentre os pontos tarifados em alta tensão, 3 são atendidos pela rede de 69 kV( Subgrupo A3) e os 156 restantes pela rede de 13.8 kV (Subgrupo A4). Os outros 499 pontos são tarifados em baixa tensão (Grupo B, Subgrupo B3).

## 2.2 Consumo de Energia Elétrica

O Consumo mensal de energia na Cagepa é, em média, 14,5 GWh. Sendo 97,1% desta energia consumida nas Estações Elevatórias de Água e Estações de Tratamento de Água, 2% nas Estações Elevatórias de Esgoto e Estações de Tratamento de Esgoto e 0,9% nos setores administrativos.

## 2.3 Despesa com Energia Elétrica

A despesa mensal com energia elétrica é, em média R\$4.400.000,00 (€1.760.000,00), o que corresponde a 20% do faturamento total da empresa.

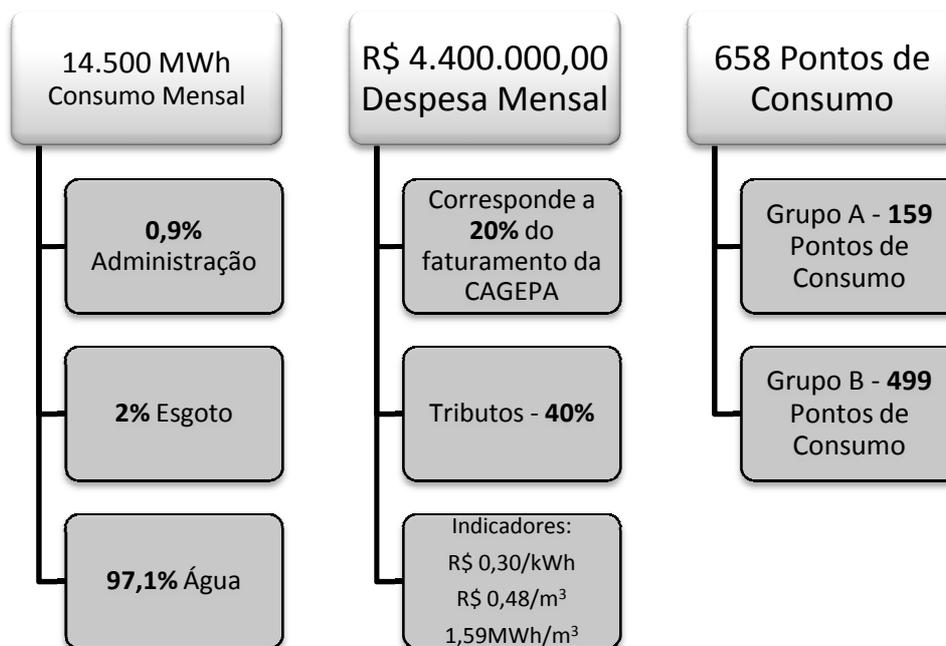


Figura 22: Perfil do Uso de energia Elétrica na CAGEPA em 2007.

### 3. Gerenciamento das Faturas de Energia Elétrica

A gestão das mais de 650 unidades consumidoras da CAGEPA espalhadas por todo o estado da Paraíba é uma tarefa extremamente complicada. Para auxiliar esta atividade, foi concebido um software que recebe os dados de faturamento da concessionária e fornece relatórios variados que auxiliam na supervisão do sistema elétrico da empresa.

O programa para gerenciamento de contas de energia da CAGEPA é multiusuário, isto é, vários usuários têm acesso através da intranet da empresa. O servidor encontra-se instalado na sede central e é de responsabilidade do Departamento de Gestão de Energia. O banco de dados foi desenvolvido sob a plataforma Oracle por uma empresa contratada para este fim que baseou-se no modelo proposto no capítulo anterior.

O módulo relativo ao Boletim de Operação não foi implementado, pois este instrumento não é informatizado na CAGEPA. Para suprir a falta desta informação, consultas freqüentes eram realizadas junto ao Departamento de Controle Operacional que fornecia a informação. Este procedimento não impediu a implantação de algumas das atividades propostas no guia do capítulo anterior, como veremos mais adiante, mas certamente tornou-as mais morosa. A tela inicial, após a validação do usuário tem o seguinte aspecto:



Figura 23: Tela inicial do SGE da CAGEPA

A barra na parte inferior identifica o usuário e o setor a que ele pertence na empresa, enquanto que a barra na parte superior disponibiliza as opções para acesso ao sistema.

### 3.1 Cadastro de Unidades Consumidoras

Antes de receber os dados da concessionária, o banco de dados é preparado cadastrando-se as unidades consumidoras.

The screenshot shows a software window titled "Cadastro de Unidades Consumidoras da CAGEPA - Consulta". The window contains a form with the following fields and values:

- Tipo de CDC:  Principal  Virtual
- CDC: 9980026
- Cidade: JOAO PESSOA
- Unidade de Negócio: LITORAL
- Concessionária: ENERGISA Parai
- Classe de Tarifação: A4C --> Alta Tensão Convencional 13.800 Volts
- Finalidade: SAC
- Medidor: 1246034
- Endereço (Rua/Bairro/Número...): RUA FELICIANO CIRNE, S/N JAGUARIBE
- Nome do Sistema Integrado: (empty)
- Município do Manancial: (empty)
- Conta Auxiliar: 1001
- Categoria:  Luz  Força
- Cód. Unid. Negócio: 000
- Situação:  Própria  Alugada
- Centro de Custo: 3.24.02000
- Data da Revisão: 31/08/2007
- Número Contrato: 164/2001
- Data do Contrato: 27/03/2001
- Dados de Consumo do Contrato:
  - Potência da Substação (KVA): 225
  - Consumo Convencional Máximo Previsto (KWh): 55000
  - Demanda Elétrica Convencional Contratada (KW): 220
- Dia de Vencimento: 10
- F2 - Pesquisar Faturas
- Contrato: ADITIVO N.º 15 DATADO EM, 31/08/2007.
- Observações: POSSUÍ BANCO DE CAPACITOR.:

A "Fechar" button is located at the bottom center of the window.

Figura 24: Tela para cadastro de Unidade Consumidora

Dentre os dados necessários a este cadastro, podemos citar:

1. **Código da unidade consumidora – CDC.** A concessionária utiliza um código único para identificar cada unidade consumidora conhecido como CDC;
2. **Cidade e regional abastecida pela unidade consumidora;**

3. **Classe de tarifação segundo classificação da ANEEL;**
4. **Finalidade a que se destina o uso de energia.** Como visto no capítulo 1, a energia é utilizada majoritariamente em estações elevatórias para recalque, mas também é utilizada em estações de tratamento e nas sedes administrativas das unidades de negócio e na sede central;
5. **Endereço da unidade consumidora;**
6. **Número, data da assinatura e data da última revisão do contrato de fornecimento de energia.** Para que se possa identificar a;
7. **Previsão de consumo (kWh);**
8. **Demanda contratada;**

Além de cadastrar as unidades consumidoras, é necessário cadastrar também as seis unidades de negócio, as cidades atendidas pela CAGEPA, as classes de tarifação, as possíveis finalidades a que se destina o uso da energia e as concessionárias que atendem o sistema da CAGEPA. Estes dados são variáveis necessárias para o funcionamento do banco de dados e auxiliarão na geração de relatórios que serão explicitados mais adiante.

### **3.2 Faturamento de Energia**

Mensalmente, a concessionária encaminha os dados relativos ao faturamento de todas as unidades em formato eletrônico de acordo com um *layout* pré-definido para que seja lido pelo SGE. Para cada unidade consumidora, o banco de dados é alimentado com os seguintes dados:

1. Código da Unidade Consumidora;
2. Ano de referência;
3. Mês de referência;
4. Data da leitura do mês de referência;
5. Data de Vencimento da fatura do mês de referência;
6. Classe e subclasse de fornecimento;
7. Indicadores de continuidade individuais;
8. Consumo mensal potência ativa (kWh);
9. Demanda de potência ativa mensal (kW);

10. Faturamento de energia reativa excedente – FER (R\$);
11. Faturamento de demanda de potência reativa excedente – FDR (R\$);

### **3.3 Faturamento Comercial**

Os dados relativos ao faturamento comercial são importados do software que faz a gestão comercial da CAGEPA. Os itens de interesse são o volume de água faturado total e por cidade (para cálculo dos indicadores corporativos), despesa mensal (para situar a despesa com energia na despesa mensal).

### **3.4 Relatórios Finais**

Uma vez alimentado o banco de dados, é possível gerar relatórios de interesse para a supervisão do uso da energia na CAGEPA os quais foram divididos em Relatórios Críticos, Relatórios Operacionais e Econômicos e Relatórios Gráficos. Os relatórios Críticos apontam divergências entre os dados cadastrados e o movimento mensal informado pela concessionária. Os relatórios Operacionais e Econômicos apresentam dados relativos à operação das unidades consumidoras bem como a despesa com energia gerada pela operação destas unidades. Os relatórios Gráficos são alguns relatórios de interesse apresentados em forma de histograma, para que se possa ter idéia de como uma determinada grandeza evoluiu ao longo do tempo.

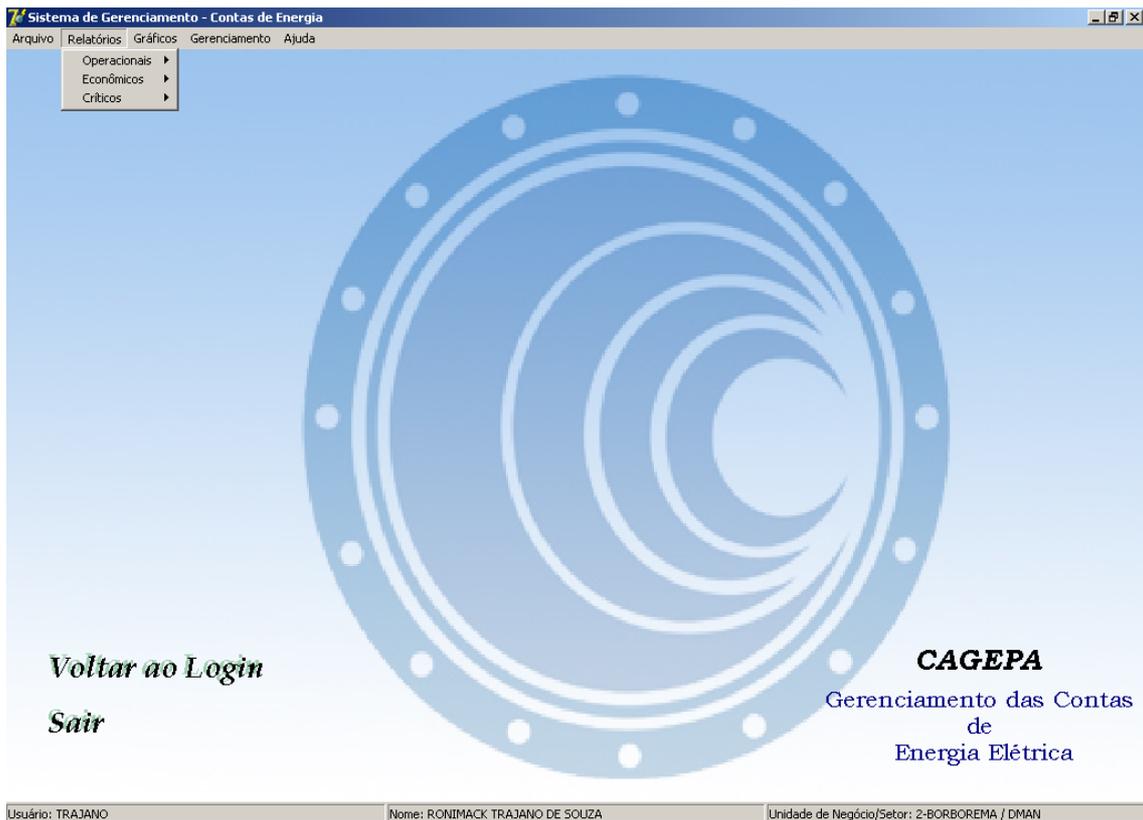


Figura 25: Tela de acesso aos relatórios

## 1. Relatórios Críticos

- a. **Faturas de unidades não cadastradas** - Este relatório apresenta as faturas encaminhadas pela concessionária, mas que não estão cadastradas no sistema. A partir desta informação, o Departamento de Gestão de Energia (DGE), consulta o Departamento de Controle Operacional (DCO) para saber se alguma nova unidade foi posta em operação e ainda não está cadastrada (procede com o devido cadastramento) ou se ocorreu erro por parte da concessionária ao enviar esta fatura para a CAGEPA (ocorre a devolução da fatura).
- b. **Faturas não recebidas** – A partir da informação de que uma determinada unidade cadastrada no sistema não recebeu fatura, o DGE procura saber se esta unidade foi efetivamente desativada mas ainda está cadastrada (procede com a exclusão do

cadastro), ou se a concessionária não emitiu fatura para esta unidade (procede com a solicitação da fatura junto à concessionária).

- c. **Ultrapassagem de consumo (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – Este relatório tem a função de apresentar aquelas unidades que apresentaram consumo de energia elétrica (kWh) acima do valor máximo previsto, valor este que é calculado com base nos dados de potência instalada e tempo de operação quando do cadastro da unidade. De posse desta informação, o DGE consulta o DCO para saber se houve maior tempo de operação ou se aumentou a carga mecânica na unidade. Neste caso, atualiza-se no cadastro o consumo máximo previsto. Se não houve mudança na operação, o DGE vai investigar a causa do aumento do consumo (roubo de energia, motor deteriorado causando perda de rendimento, válvula estrangulada, etc.). Dependendo da modalidade tarifária escolhida para a unidade, ela figurará apenas no relatório convencional (modalidade tarifária convencional) ou nos relatórios de ponta e fora ponta (modalidade tarifária horo-sazonal).
- d. **Ultrapassagem de demanda (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – Este relatório tem como função apresentar aquelas unidades que tiveram a demanda medida superior à contratada, gerando multa por ultrapassagem de demanda (tarifa aplicada 3 vezes superior). A informação é tratada da mesma forma que no relatório de ultrapassagem de consumo, entretanto, existe a possibilidade de ter ocorrido falha do operador da unidade, acionando simultaneamente conjuntos motor-bomba que não estavam previstos para operar ao mesmo tempo ou acionando (ou não desligando) conjuntos motor-bomba em horário de ponta. Neste caso, o DGE pede à concessionária o relatório emitido pelo medidor para saber em que data e horário ocorreu a ultrapassagem e assim conhecer o operador responsável pela unidade naquele momento. Este é um relatório de grande

interesse, visto que a ultrapassagem de demanda gera grande ônus financeiro para a empresa.

- e. **Consumo abaixo do previsto (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – A função deste relatório é conhecer as unidades que estão operando com consumo abaixo do previsto em projeto. A partir deste relatório, podemos identificar unidades que não estão sendo utilizadas (pelo manancial ter secado, por exemplo), mas que mesmo assim ainda estão sendo faturadas pela concessionária.
- f. **Demanda abaixo da contratada (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – Este relatório permite identificar as unidades em que a demanda medida para um determinado mês é inferior à demanda contratada. Com essa informação, é possível proceder com o ajuste da demanda contratada no próximo período de ajuste do contrato;
- g. **Fator de Potência inferior a 0,92** – A função deste relatório é identificar as unidades que estão operando com fator de potência inferior a 0,92, resultando no pagamento de multa por baixo fator de potência;
- h. **Fator de carga inferior a 0,50** – Este relatório permite identificar as unidades que operam com baixo fator de carga (abaixo de 0,5). A partir desta informação é possível realizar estudos, para cada unidade com baixo fator de carga, para a sua utilização mais racional, inclusive com o deslocamento da operação do horário de ponta para o horário fora de ponta.

## 2. Relatórios Operacionais e Econômicos

- a. **Unidades Consumidoras Cadastradas** – Apresenta dados relevantes de todas as unidades cadastradas. É apresentado classificando-se as unidades por Regional, por Cidade ou por CDC;

- b. **Consumo de Energia ativa** – Apresenta o consumo de energia ativa em um determinado período (escolhido antes de gerar o relatório). É apresentado classificando-se as unidades por Regional, por Cidade ou por CDC, filtrando-se os dados por finalidades;
- c. **Demanda de energia ativa** – Este relatório apresenta as demandas elétricas faturadas por unidade;
- d. **Despesas com Energia (total ou reativa)** – A função deste relatório é apresentar a despesa com energia elétrica total ou apenas com energia reativa (quando houver). Esta informação é importante para acompanhamento da despesa para cada unidade e ainda para gerar os indicadores de corporativos;
- e. **Despesas com demanda ultrapassada** – Apresenta a despesa que a CAGEPA teve com multas por ultrapassagem de demanda;
- f. **Despesa com tributos** – Apresenta a despesa da CAGEPA com impostos;
- g. **Indicadores corporativos** – A função deste relatório é apresentar a relação indicadora entre o uso de energia elétrica e o desempenho comercial da CAGEPA, gerando indicadores como: Despesa com energia por unidade de consumo (R\$/kWh), Despesa com energia por metro cúbico de água faturado (R\$/m<sup>3</sup>), Consumo de energia por metro cúbico de água faturado (kWh/m<sup>3</sup>), entre outros;

### 3. Relatórios Gráficos

- a. **Consumo de Energia (Total, Convencional, Ponta ou Fora Ponta)** – Apresenta o consumo de energia em kWh para uma determinada unidade ou para as unidades de uma determinada cidade ou de um determinado regional para o período de tempo selecionado;
- b. **Demanda de Energia (Total, Convencional, Ponta ou Fora Ponta)** – Este relatório mostra a demanda por energia ativa em

kW para uma determinada unidade ou para as unidades de uma determinada cidade ou de um determinado regional para o período de tempo selecionado;

- c. **Despesa com energia (Total e reativa)** – Apresenta a despesa que a CAGEPA teve com energia em um período pré-selecionado. Pode-se visualizar a despesa total (soma de todas as faturas) ou somente a despesa com energia reativa;
- d. **Fator de Potência (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – Apresenta um histograma do fator de potência da unidade;
- e. **Fator de Carga (Convencional, Ponta e Fora Ponta)** – Apresenta um histograma do fator de carga da unidade;

#### **4. AÇÕES IMPLEMENTADAS NA CAGEPA PARA REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL COM ENERGIA ELÉTRICA.**

Com a possibilidade de executar a supervisão das faturas de energia elétrica de forma mais célere e eficiente, foi possível executar algumas ações que resultaram em grande redução de despesa com energia elétrica. Nos moldes do guia proposto, as ações foram divididas em duas fases sendo a primeira as ações administrativas e a segunda as ações operacionais.

##### **4.1 Revisão dos Contratos de Fornecimento de Energia Elétrica**

###### **4.1.1 Apresentação e Objetivos**

No primeiro semestre do ano de 2007, a despesa média da CAGEPA com ultrapassagem de demanda era aproximadamente R\$ 200.000,00. Os contratos haviam sido estabelecidos no ano de 2001 e desde esta data ainda não haviam sido revistos. Com o aumento da população, houve um aumento na demanda por água, assim, houve ampliação em várias elevatórias, o que levou ao aumento da demanda por energia elétrica.

Com o objetivo de reduzir esta despesa, começou-se a trabalhar na revisão dos contratos de fornecimento de energia.

#### 4.1.2 Metodologia Adotada para Implementação da Ação

Com base nos dados obtidos no relatório de Despesa com Demanda Ultrapassada, foi possível identificar as unidades que apresentavam ultrapassagem de demanda recorrente.



CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

Diretoria de Operação e Manutenção / Gerencia de Gestão de Energia - GEGE

**DESPESAS (R\$) FATURADAS COM DEMANDA ELÉTRICA ULTRAPASSADA**

**Geral**

**Período: JAN a JUN/2007**

<b>LITORAL</b>		Ultrapassado Verde R.\$	Ultrapassado Azul Ponta R.\$	Ultrapassado Azul Fora-Ponta	Ultrapassado Convencional R.\$
CDC	Concessionária				
<b>JOAO PESSOA</b>					
<u>9998188</u>	ENER.GISA Parai	0,00	1.731,60	0,00	0,00
<u>9998002</u>	ENER.GISA Parai	0,00	680,00	16.000,40	0,00
<u>9981221</u>	ENER.GISA Parai	0,00	0,00	833,92	0,00
<u>9981105</u>	ENER.GISA Parai	0,00	211,18	0,00	0,00
<u>9980224</u>	ENER.GISA Parai	0,00	368,17	538,84	0,00
Quantidade por Cidade: 5 Total da Cidade:		0,00	2.990,95	17.373,16	0,00

Figura 26: Extrato do relatório "Despesas Faturadas com Demanda Elétrica Ultrapassada"

Encaminhou-se então solicitação para a área operacional para que fosse enviada uma previsão da potência a operar nos próximos 12 meses para estas unidades, a fim de se ajustar a demanda contratada à necessidade real da unidade.

Apesar do conhecimento da existência de tarifas diferenciadas para os períodos de ponta e fora ponta e do impacto financeiro de se utilizar tarifas horosazonais, as unidades operacionais da CAGEPA ainda não estavam sensibilizadas para a importância de se deslocar a carga do horário de ponta para fora ponta. Assim, foi feito um trabalho de sensibilização para que, já na previsão de operação, fosse considerada a possibilidade de concentrar ao máximo o bombeamento no horário fora de ponta.

De posse da previsão de carga a operar nas unidades, foram realizadas simulações para saber a opção tarifária mais atrativa economicamente para

cada unidade. As simulações foram feitas considerando-se duas situações tendo como base os doze meses anteriores:

- a. **O regime de operação da unidade não vai ser alterado** – Utilizou-se a média da demanda medida e do consumo dos últimos doze meses de operação.
- b. **O regime de operação vai ser alterado, ou a potência a operar vai ser alterada** – Para esta situação, considerou-se que a potência prevista para operar (Ponta e Fora Ponta) era utilizada 24 horas por dia (3h de Ponta e 21h Fora Ponta).

#### 4.1.3 Resultados e Benefícios Alcançados

Com base no resultado da simulação realizada para a escolha da melhor opção tarifária, foram realizados aditivos aos Contratos de Fornecimento de Energia de 74 unidades de modo a alterar a demanda contratada. A entrada em vigor destes aditivos no mês de dezembro levou a uma redução de 80% da despesa com ultrapassagem de demanda nos meses subseqüentes.

A despesa com ultrapassagem de demanda não foi reduzida a zero pelo fato de não ser fruto apenas de contratos inadequados, existem também os erros de operação que resultam em cobrança de ultrapassagem de demanda. Assim a empresa convive sempre com um valor mínimo destas multas.

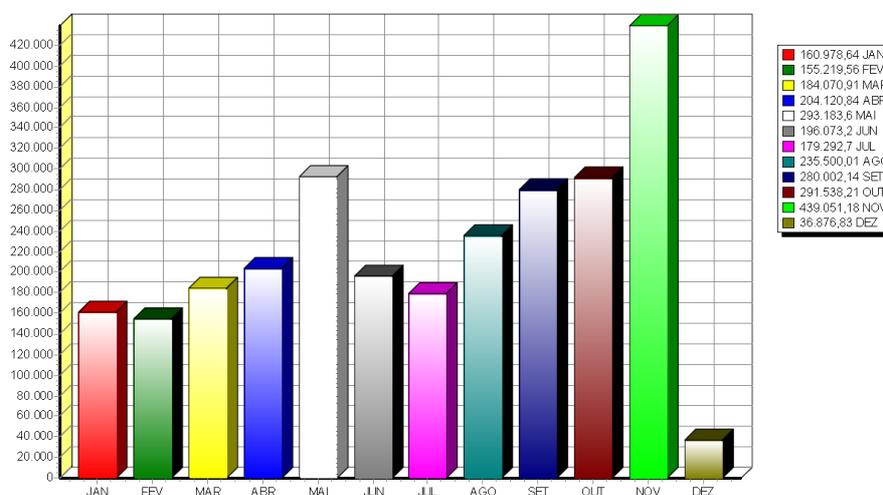


Figura 27: Despesa com ultrapassagem de demanda no ano de 2007 na CAGEPA

## **4.2 Desativação de unidades consumidoras inutilizadas**

### **4.2.1 Apresentação e Objetivos**

A maior parte da área do estado da Paraíba está localizada na região conhecida como semi-árido. A temperatura média anual do estado é elevada, marcando 26°C. Além disso, o índice pluviométrico é considerado baixo, registrando entre 500 e 600mm anuais.

Diante dessa realidade, é comum que uma determinada estação elevatória pare de operar devido à seca do manancial, ou ainda devido à qualidade da água, que por tornar-se muito salgada já não satisfaz a população. Contudo, a unidade consumidora continua energizada e conseqüentemente, continua a ser cobrada a fatura mensal.

Através do relatório de Consumo Abaixo do Previsto, foram identificadas cinquenta e uma unidades que apresentavam consumo nulo, mas que ainda assim, estavam sendo faturadas pelo valor mínimo cobrado pela concessionária de 100kWh para unidades cadastradas como Serviço Público (Grupo B3).

### **4.2.2 Metodologia Adotada para Implementação da Ação**

Após consulta à área operacional, constatou-se que nenhuma dessas unidades tinha previsão de voltar a operar nos próximos seis meses. Entretanto, em quatro unidades, além de funcionar a estação elevatória, funcionava ainda um escritório administrativo necessitando ligação de energia. Assim, solicitou-se a concessionária o desligamento e o desagrupamento comercial de quarenta e sete unidades.

### 4.2.3 Resultados e Benefícios Alcançados

As 47 unidades apresentavam despesa mensal no valor de R\$52,70 somando impostos e taxas totalizando uma despesa de R\$2.476,90 mensais conforme a tabela abaixo:

Item	CDC	Cidade	Finalidade
1	729558	Itabaiana	EEAB
2	323152	João Pessoa	EEAB
3	519202	João Pessoa	EEAB
4	804482	João Pessoa	EEAB
5	806827	João Pessoa	EEAB
6	810556	João Pessoa	EEAT
7	811876	João Pessoa	EEAB
8	1082292	João Pessoa	EEAB
9	9981233	João Pessoa	EEAB
10	9981245	João Pessoa	EEAB
11	1146410	Mata Redonda	EEAB
12	9980225	Pitimbu	EEAB
13	1182837	Alagoa Grande	EEAB - Poço
14	1183067	Alagoa Grande	EEAB
15	173159	Bananeiras	EEAB
16	307752	Bananeiras	EEAB
17	228020	Pilar	EEAB
18	229000	Pilar	EEAB
19	154029	Boa Vista	EEAB
20	342943	Boqueirão	EEAB
21	1233150	Boqueirão	EEAB
22	118319	Campina Grande	EEAB - Poço
23	118411	Campina Grande	EEAB
24	9998276	Esperança	EEAB
25	120177	Massaranduba	EEAT
26	9998250	Monteiro	EEAB
27	236317	Riacho de Santo Antônio	EEAB
28	252247	São João do Cariri	EEAB
29	252778	São João do Cariri	EEAT
30	750127	São João do Cariri	EEAB
31	702323	São Sebastião de Lagoa de Roça	EEAB - Poço
32	1248977	São Sebastião de Lagoa de Roça	EEAB
33	510420	Serra Branca	EEAB
34	352158	Soledade	EEAB
35	24375	Cacimbas	EEAB
36	799399	Santa Luzia	EEAT
37	371696	Santana dos Garrotes	EEAB
38	606091	São Bentinho	EEAT

39	369943	Teixeira	EEAB
40	370731	Teixeira	EEAB
41	654254	Várzea	EEAB - Poço
42	843115	Bernardino Batista	EEAT
43	86436	Bom Sucesso	EEAB
44	386697	Lagoa	EEAB
45	379416	Lastro	EEAB
46	752609	Lastro	EEAB
47	73808	Santa Cruz	EEAB - Poço

TABELA 6: Unidades consumidoras desativadas

O desligamento destas unidades anulou uma despesa sem nenhum investimento por parte da empresa no valor de R\$29.722,80 por ano.

Após o desligamento destas unidades foi feito um trabalho de conscientização para a importância de comunicar ao DGE a desativação de unidades, para que possa ser solicitado o desligamento do fornecimento de energia das unidades quando da sua desativação, evitando-se assim o acúmulo de unidades desativadas com despesa de energia.

### **4.3 Eliminação de Erro no Faturamento de Consumo e Demanda**

#### **4.3.1 Apresentação e Objetivos**

Os casos de erro de leitura no faturamento de consumo de energia elétrica (kWh) são comuns principalmente nas unidades onde a leitura é feita por um funcionário da concessionária. A concessionária SAELPA está implantando a tele-medição em algumas unidades do grupo A (faturadas em Alta Tensão), o que ajudará a diminuir os casos de erros no faturamento.

Já os casos de erro de faturamento de demanda de potência ativa (kW) ocorrem principalmente por erros de programação do medidor de energia que deve conter informações sobre os feriados nacionais, datas em que não ocorre separação entre horário de ponta e fora ponta (bem como nos finais de semana).

### **4.3.2 Metodologia Adotada para Implementação da Ação**

Através do relatório Ultrapassagem de Consumo, são identificadas unidades que apresentaram consumo acima do previsto. O primeiro passo no sentido da verificação do consumo foi consultar a área operacional para verificar se o tempo de operação da unidade foi acima do previsto para o período de faturamento, caso em que é aceitável o consumo estar acima do previsto. Caso não tenha havido este incremento na operação, o DGE solicita ao operador que faça a leitura do medidor para saber se está de acordo com aquela apresentada no faturamento da concessionária.

Esta ação poderia ser realizada de forma automática no Sistema de Gestão de Contas de Energia da CAGEPA se o módulo relativo ao boletim de operação tivesse sido implementado.

Constatada a divergência da leitura do medidor face a apresentada pela concessionária, o DGE notifica a concessionária para que se faça nova leitura e a devolução do valor pago a mais.

A investigação de erros no faturamento de demanda tem início com o relatório que mostra as unidades onde houve ultrapassagem de demanda. Para cada unidade que consta no relatório, é consultado o Departamento de Controle Operacional que informa se houve ou não o acionamento de algum motor de forma que a soma das potências dos motores acionados ultrapassa a demanda contratada (configurando erro do operador da unidade).

Caso não tenha ocorrido esta situação, a CAGEPA solicita da concessionária o relatório da memória de massa do medidor de energia que indica o dia e a hora da ultrapassagem para confrontar com o boletim de operação da unidade.

### 4.3.3 Resultados e Benefícios Alcançados

A investigação de erros de leitura no período de Agosto de 2007 a Julho de 2008 resultou na constatação de erros de faturamento de consumo em dezesseis unidades, registrando um consumo a mais de 27.735kWh e valores devolvidos que somam R\$14.915,63 conforme tabela abaixo:

Item	CDC	Cidade	Mês de ocorrência do erro	Consumo faturado a mais (kWh)	Valor Devolvido (R\$)
1	119340	LAGOA SECA	Ago-07	362	194,52
2	119904	FAGUNDES	Set-07	225	120,98
3	115295	CAMPINA GRANDE	Set-07	850	457,05
4	114790	CAMPINA GRANDE	Set-07	1194	642,23
5	117053	CAMPINA GRANDE	Dez-07	2044	1099,28
6	116332	CAMPINA GRANDE	Dez-07	2412	1297,36
7	849947	BANANEIRAS	Jan-08	2347	1262,18
8	341410	ITATUBA	Jan-08	2303	1238,76
9	497191	AREIA	Jan-08	1515	814,51
10	353728	TAPEROA	Fev-08	1634	878,96
11	508669	MONTEIRO	Fev-08	2105	1132,09
12	356673	CONGO	Mar-08	275	147,64
13	504904	BARRA DE SANTA ROSA	Mar-08	431	232,03
14	342429	BOQUEIRAO	Abr-08	1140	612,92
15	342013	BOQUEIRAO	Jun-08	2789	1500,10
16	1112891	ITABAIANA	Jun-08	6108	3285,01
Total				27.735	14.915,63

TABELA 7: Unidades que apresentaram erro no faturamento de consumo

As unidades do sistema integrado Coremas-Sabugi, apresentaram ultrapassagem de demanda na ponta no mês de Fevereiro de 2008. Entretanto, o boletim de operação (relatório que identifica o operador responsável, mostra data e hora em que são ativados ou desativados os conjuntos motor-bomba) indicava que nenhum conjunto motor-bomba foi acionado no horário de ponta excetuando-se os finais de semana e a terça feira de carnaval (dia que a resolução 456/2000 da ANEEL classifica como feriado nacional e, portanto não há distinção entre horário de Ponta e Fora Ponta).

Foi solicitado à concessionária a memória de massa do medidor de uma das unidades do sistema para que se pudesse saber quando a mesma havia

registrado a ultrapassagem na Ponta e foi confirmado que a mesma ocorreu em feriado nacional. Este erro se repetiu em todos os medidores das unidades do sistema Coremas-Sabugi por um erro de programação dos medidores que não registraram o dia 5 de fevereiro de 2008 como feriado nacional.

A concessionária SAELPA devolveu a quantia cobrada indevidamente após reclamação por parte da CAGEPA, conforme tabela abaixo:

ITEM	CDC	DEMANDA PONTA		DESPESA ULTRAPASSAGEM (R\$)	DEVOLUÇÃO	
		CONTRATADA	REGISTRADA		DATA	VALOR + IMPOSTOS (R\$)
1	9980586	40	82,00	6.321,00	Fev-08	7.010,93
2	9980589	70	432,00	54.481,00	Fev-08	61.721,27
3	9980608	75	417,60	51.561,30	Fev-08	58.413,56
4	9980554	50	345,60	44.487,80	Fev-08	50.400,02
5	9998225	30	120,54	13.626,27	Fev-08	15.437,14
6	9998226	30	84,05	8.134,52	Fev-08	9.215,56
<b>TOTAL</b>				<b>178.611,89</b>		<b>202.198,48</b>

TABELA 8: Unidades que apresentaram erro no faturamento de demanda

O monitoramento constante dos erros de faturamento resultou em uma despesa evitada de R\$217.114,11 no período de Agosto de 2007 a Julho de 2008.

#### 4.4 Alteração da Estrutura Tarifária

##### 4.4.1 Apresentação e Objetivos

Com a expansão do sistema de abastecimento de água da CAGEPA, registrou-se um aumento no consumo de energia das estações elevatórias. Este aumento foi registrado principalmente naquelas unidades com capacidade instalada inferior a 75kW, as quais eram tarifadas em baixa tensão. Assim, a planta da CAGEPA apresenta algumas unidades que são tarifadas em baixa tensão mas que apresentam consumo elevado.

O gráfico abaixo apresenta a comparação entre a despesa mensal de uma unidade com potência instalada de 30kW sendo tarifada em baixa tensão e em alta tensão convencional.

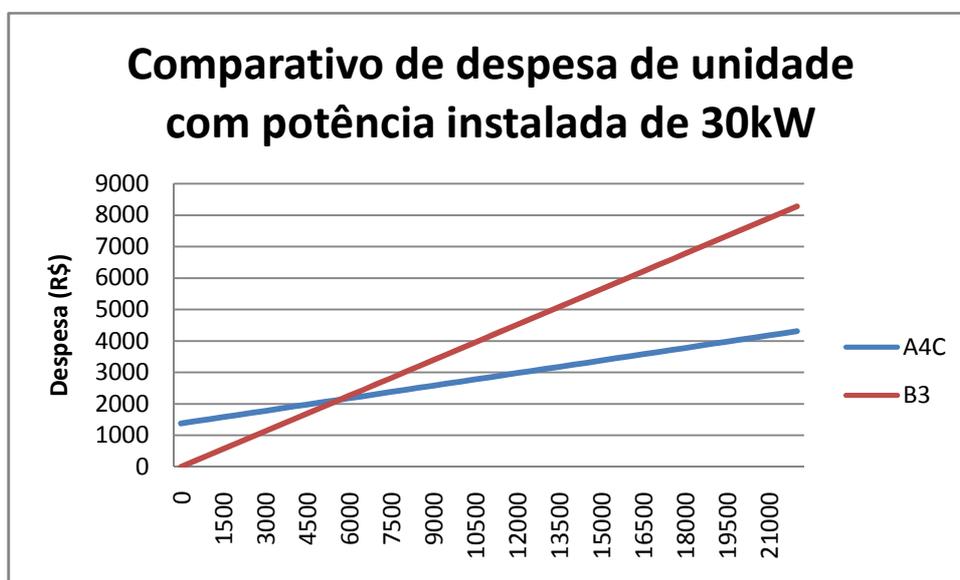


Figura 28: Comparação entre a despesa com Consumo (kWh) e Demanda (kW) sendo a unidade tarifada em Baixa Tensão e Alta Tensão Convencional com demanda contratada de 30kW.

Considerando a potência de 30 kW, para um consumo mensal acima de 6000kWh é mais atrativo economicamente que a unidade seja tarifada em alta tensão na modalidade convencional. Entretanto, para uma unidade ser tarifada em alta tensão, ela deve ter seu Padrão de Entrada de Energia adequado às normas da concessionária que atende a unidade, o que demanda investimento em obras para esta adequação.

#### 4.4.2 Metodologia Adotada para Implementação da Ação

Através do relatório Consumo de Energia Ativa, foram selecionadas as unidades tarifadas em baixa tensão e que apresentavam consumo mensal acima de 10.000kWh para simular o impacto nos custos mensais destas unidades migrarem para a tarifação em Alta Tensão (Convencional ou horo-

sazonal). Para isto, foi utilizada a média de consumo dos últimos seis meses e a previsão de potência a operar para cada unidade.

Como foi referido anteriormente, estas unidades deveriam passar por uma reforma na entrada de energia para que pudessem ser tarifadas em alta tensão. Para esta reforma, o investimento necessário é da ordem de R\$15.000,00.

O cálculo do tempo de retorno do investimento simplificado (*payback* simples) levou em conta a economia mensal na fatura de energia, o investimento de R\$15.000,00 e uma taxa de juros de 10%.

#### 4.4.3 Resultados e Benefícios Esperados

Foram selecionadas 43 unidades nas diversas unidades de negócio da CAGEPA. A tabela 8 abaixo apresenta o comparativo das despesas em baixa tensão e alta tensão convencional bem como o tempo de retorno do investimento para uma taxa interna de retorno de 10%

Item	CDC	UN	CIDADE / SISTEMA	Média Consumo (kWh)*	Baixa Tensão (R\$)**	Alta Tensão (R\$)		Tempo de retorno (meses)
						Despesa Total (R\$)**	Δ%	
1	377190	UNES	ÁGUA BRANCA	31.418	12.468,32	6.181,73	50%	3
2	1232389	UNRP	BREJO DOS SANTOS	28.629	11.361,60	5.817,60	49%	3
3	290041	UNLI	MAMANGUAPE	27.112	10.759,22	6.543,61	39%	5
4	738602	UNRP	SAO BENTO	26.902	10.676,19	5.592,09	48%	4
5	815447	UNAP	CAJAZEIRAS	24.430	9.695,00	5.500,31	43%	5
6	200769	UNRP	UIRAUNA	23.763	9.430,52	5.182,24	45%	5
7	462052	UNES	PRINCESA ISABEL	22.483	8.922,38	4.552,96	49%	4
8	1125729	UNES	TEIXEIRA	23.063	9.152,40	5.090,74	44%	5
9	355178	UNBO	PRATA	22.094	8.768,00	4.502,16	49%	5
10	1082782	UNLI	CRUZ DO ESPIRITO SANTO	21.527	8.542,86	5.121,24	40%	6
11	812386	UNBR	GURINHÉM	22.044	8.748,29	4.957,78	43%	5
12	1014626	UNLI	SANTA RITA	20.266	8.042,52	4.032,42	50%	5
13	303297	UNBR	ALAGOA GRANDE	18.962	7.525,07	4.555,32	39%	7
14	16297	UNRP	CATOLÉ DO ROCHA	19.108	7.582,88	4.574,34	40%	7
15	1014624	UNLI	SANTA RITA	19.343	7.676,14	3.911,87	49%	5
16	132613	UNES	SANTA LUZIA	20.111	7.981,05	5.398,49	32%	9
17	1284468	UNRP	SANTA CRUZ	18.597	7.380,15	4.507,64	39%	8
18	1089538	UNES	TEIXEIRA	17.794	7.061,46	3.709,63	47%	6
19	425487	UNLI	ALHANDRA	16.417	6.515,22	2.143,61	67%	4
20	84350	UNRP	PAULISTA	16.055	6.371,48	3.482,62	45%	8
21	457660	UNES	PIANCÓ	15.826	6.280,35	3.452,64	45%	8

22	1261675	UNLI	CAPIM	17.274	6.855,10	4.334,89	37%	9
23	578830	UNLI	RIO TINTO	15.186	6.026,74	3.600,24	40%	10
24	376692	UNES	JURU	13.943	5.533,15	3.437,84	38%	13
25	353728	UNES	TAPEROA	15.749	6.250,12	4.366,89	30%	17
26	134931	UNES	DESTERRO	14.888	5.908,13	3.330,17	44%	9
27	67990	UNBR	DONA INÊS	15.008	5.955,92	4.039,04	32%	16
28	428490	UNLI	JACUMA	15.170	6.020,26	3.367,06	44%	9
29	885933	UNLI	JOÃO PESSOA	14.078	5.586,94	3.224,49	42%	11
30	456088	UNES	IMACULADA	13.613	5.402,12	3.163,68	41%	12
31	460507	UNAP	SÃO JOSÉ DE CAIANA	12.634	5.013,76	3.035,91	39%	15
32	1234334	UNRP	BREJO DOS SANTOS	12.514	4.966,23	3.251,32	35%	22
33	140520	UNES	TAVARES	12.039	4.777,51	3.651,33	24%	25
34	342429	UNBO	RIACHO DE STO. ANTONIO	12.144	4.819,25	2.971,91	38%	18
35	136981	UNRP	AGUIAR	12.436	4.935,09	3.010,02	39%	16
36	815873	UNLI	BAYEUX	11.987	4.757,04	2.951,44	38%	19
37	587400	UNBO	ESPERANÇA	11.166	4.431,16	3.537,37	20%	28
38	119154	UNBO	MONTADAS	12.085	4.795,83	2.964,21	38%	18
39	384935	UNAP	SÃO JOSÉ DE PIRANHAS	11.166	4.431,09	2.844,20	36%	30
40	12844	UNRP	POMBAL	11.162	4.429,68	3.074,79	31%	17
41	571161	UNBR	ARARA	12.067	4.788,79	2.961,89	38%	18
42	118265	UNBO	CAMPINA GRANDE	9.239	3.666,50	1.617,35	56%	14
43	640288	UNBO	MOGEIRO	11.629	4.614,97	1.386,30	70%	7
TOTAL					294.906,49	168.933,37	43%	8

Δ% Percentual de economia com relação à situação atual (baixa Tensão)

\* Média seis meses

\*\* Valores referentes a kWh faturados

TABELA 9: Unidades para migrar de tarifação em BT para AT

Para a implantação desta medida, está em curso uma licitação cujo objeto é a execução de obras de engenharia para adequação do padrão de entrada de energia das quarenta e três unidades com valor global de R\$645.000,00. O tempo de retorno deste investimento é de oito meses e após este tempo, representará uma economia de aproximadamente R\$1.500.000,00 por ano.

## 4.5 Correção do Fator de Potência Através da Instalação de Bancos de Condensadores

### 4.5.1 Apresentação e Objetivos

Após a implantação do sistema de gestão das faturas de energia elétrica, foi possível fazer o levantamento das unidades que apresentavam fator de potência abaixo de 0,92, que é o fator de potência de referência

utilizado para calcular o faturamento de energia reativa excedente (FER) e o faturamento correspondente à demanda de potência reativa excedente (FDR).

A maior parte das estações elevatórias da CAGEPA está equipada com motores *standard* que possuem baixo fator de potência. Associa-se a este, o fato de as elevatórias operarem com motores superdimensionados, o que faz com que o motor opere fornecendo uma potência inferior à sua potência nominal ocasionando a diminuição do rendimento e do fator de potência.

A figura 29 mostra a variação do rendimento, fator de potência, rotação e corrente dos motores de indução em função da carga acionada. Verifica-se por esta figura que o motor opera com fator de potência acima de 0,92 na faixa compreendida entre 75 a 100% da potência nominal.

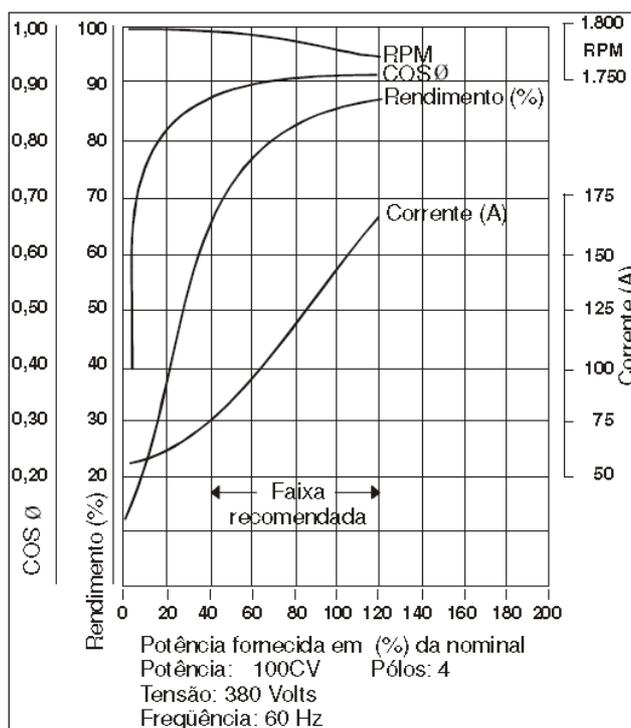


Figura 29: Região de operação recomendada para o motor. Fonte: Agência de Aplicação de Energia (1986)

Através do relatório Fator de Potência Inferior a 0,92, selecionamos as unidades que estavam pagando por consumo excessivo de energia reativa. A CAGEPA no ano de 2007 pagou em média R\$120.000,00 mensais pelo consumo de energia reativa excedente em 120 unidades que operavam de forma ineficiente (baixo FP).

#### 4.5.2 Metodologia Adotada para Implementação da Ação

Diante do grande número de unidades que apresentam despesa com energia reativa, procedeu-se a seleção das unidades com maior despesa para corrigir o fator de potência. Para isto, utilizamos a média das despesas com excedente de energia reativa dos últimos seis meses para todas as unidades e o valor percentual que a despesa de cada unidade representava no montante pago mensalmente. Foram selecionadas 25 unidades que representavam aproximadamente 69% da despesa com excedente de energia reativa, conforme mostrado na figura abaixo:

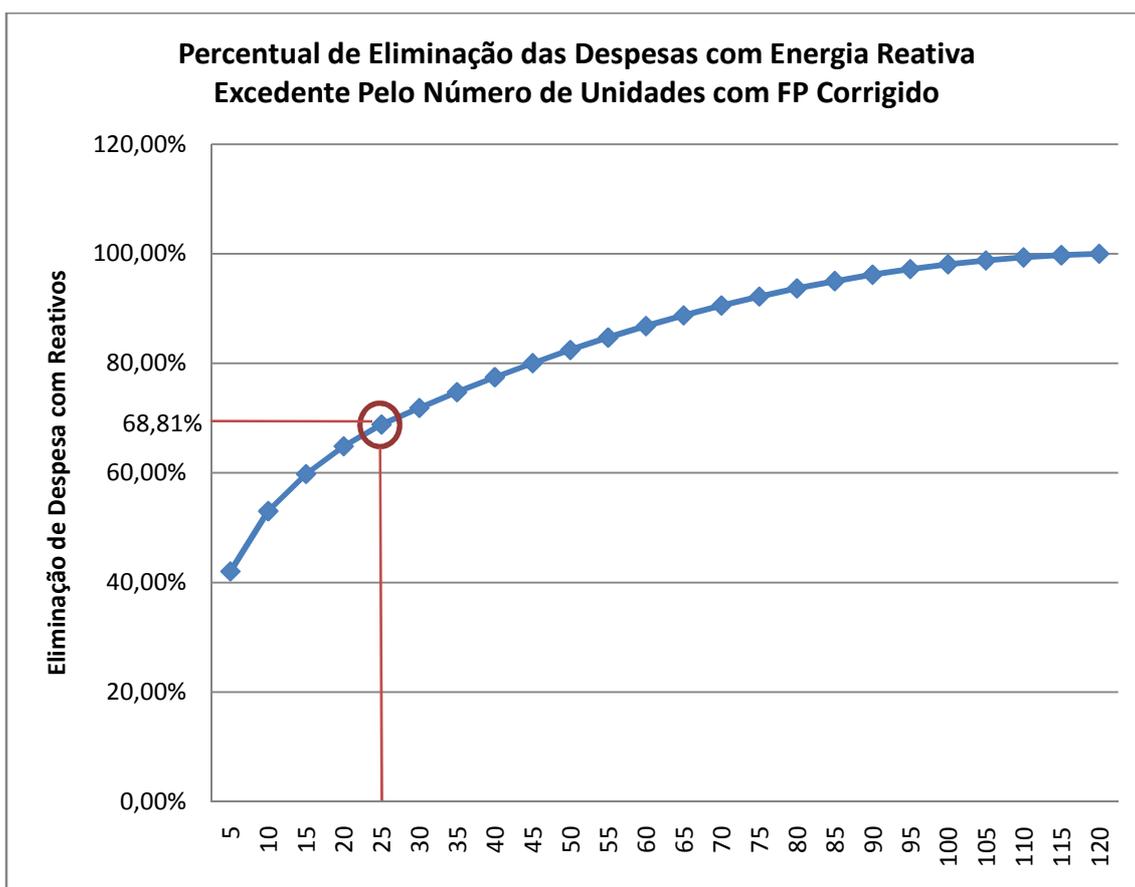


Figura 30: Gráfico apresentado o número de unidades escolhidas para a correção do fator de potência.

A tabela 9 abaixo mostra as unidades selecionadas para a correção do fator de potência bem como a sua despesa média mensal e a finalidade.

Item	CDC	Cidade/Sistema	Despesa Mensal FER (R\$)	Tensão Nominal (V)	Finalidade
1	9980751	CAJAZEIRAS	3.258,33	380	EEAB
2	9998194	GUARABIRA	1.227,18	380	EEAB
3	9980823	SAPE	3.211,32	380	EEAB
4	9980524	SAPE	2.244,33	380	EEAB
5	9980516	SOLANEA	2.157,83	380	EEAT
6	9981353	PATOS	1.567,73	380	EEAB
7	9980910	PATOS	1.873,22	380	EEAB
8	9980653	PATOS	3.353,89	380	EEAB
9	9980648	PATOS	1.134,13	380	EEAT
10	9980586	PATOS	946,95	380	EEAB
11	9998188	JOÃO PESSOA	3.964,46	380	EEAB
12	9998178	SANTA RITA	2.319,63	380	EEAT
13	9980298	JOÃO PESSOA	1.369,30	380	EEAB
14	9980256	JOÃO PESSOA	1.225,99	380	EEAB
15	9980245	JOÃO PESSOA	1.588,51	380	EEAB
16	9980139	JOÃO PESSOA	953,96	380	EEAT
17	9980038	JOÃO PESSOA	1.305,31	380	EEAB
18	290041	MAMANGUAPE	1.429,79	380	EEAB + SAL
19	9998030	JOÃO PESSOA	13.704,63	380	ETA + EEAT + SAL
20	9998002	JOÃO PESSOA	26.078,94	4.160	EEAB
21	9998066	CATOLÉ DO ROCHA	1.121,97	380	EEAB
22	9981032	SOUSA	1.736,34	380	EEAT
23	9980768	POMBAL	1.206,08	380	EEAB
24	738602	SÃO BENTO	1.443,44	380	EEAB
25	9980608	PATOS	3.308,27	4.160	EEAB
		Total	83.731,54		

TABELA 10: Unidades para correção do fator de potência

Dentre os diversos métodos analisados para a correção do fator de potência, pode-se citar:

- a- Aumento do Consumo de Energia Ativa;
- b- Compensação por Motores Síncronos;
- c- Compensação por Condensadores Estáticos;
- d- Substituição de Motores.

As opções “a” e “d” foram descartadas por motivos técnicos, financeiros e operacionais, pois implicavam em alterações substanciais do perfil de funcionamento dos sistemas envolvidos, além de alto investimento financeiro (o mesmo motivo de exclusão da opção “b”). Decidiu-se, então, pela compensação através da instalação de bancos de condensadores.

Dentre as opções de projeto para a instalação dos bancos de condensadores, a decisão foi tomada tendo por base a carga instalada na unidade. Quando a carga presente na unidade for apenas motriz, a opção de projeto selecionada foi a correção localizada, sendo o banco de condensadores acionado com o acionamento do motor.

Para as unidades onde funcionam não apenas estações elevatórias mas também sedes administrativas locais, como é o caso dos itens 18 e 19, foi escolhida a correção na entrada de energia em baixa tensão, utilizando controladores automáticos de fator de potência.

Para o dimensionamento dos bancos de condensadores foi solicitado à concessionária de energia a memória de massa dos medidores das unidades consumidoras dos últimos quatro meses, visto que estas não são obrigadas a informar o fator de potência da unidade nem o consumo de energia reativa nas suas faturas. Utilizou-se para o dimensionamento a demanda média da unidade, o fator de potência médio e o fator de potência desejado ao fim da correção (utilizou-se o valor de 0,95) através da seguinte expressão:

$$C_{kvar} = P(kW) \times [\tan(\cos^{-1} FP_{atual}) - \tan(\cos^{-1} FP_{desejado})]$$

### 4.5.3 Resultados e Benefícios Esperados

A potência dos bancos de condensadores necessários para a correção do fator de potência das unidades é apresentada na tabela 10:

Item	CDC	Cidade/Sistema	Potência do Banco (kvar)
1	9980751	CAJAZEIRAS	180
2	9998194	GUARABIRA	100
3	9980823	SAPE	190
4	9980524	SAPE	120
5	9980516	SOLANEA	150
6	9981353	PATOS	75
7	9980910	PATOS	85
8	9980653	PATOS	125
9	9980648	PATOS	50
10	9980586	PATOS	75
11	9998188	JOÃO PESSOA	190
12	9998178	SANTA RITA	150
13	9980298	JOÃO PESSOA	40
14	9980256	JOÃO PESSOA	160
15	9980245	JOÃO PESSOA	80
16	9980139	JOÃO PESSOA	50
17	9980038	JOÃO PESSOA	45
18	290041	MAMANGUAPE	60
19	9998002	JOÃO PESSOA	600
20	9998030	JOÃO PESSOA	460
21	9998066	CATOLÉ DO ROCHA	80
22	9981032	SOUSA	150
23	9980768	POMBAL	80
24	738602	SÃO BENTO	60
25	9980608	PATOS	200

TABELA 11: Dimensionamento dos condensadores

Para a implantação desta medida, está em curso uma licitação cujo objeto é a contratação de uma empresa para a execução de serviços de instalação de banco de condensadores para correção do fator de potência com valor global de R\$1.000.740,96. A modalidade de contratação é através de um *contrato de performance*. Os Contratos de Performance são firmados entre o cliente e uma empresa de serviço de energia e estabelecem as condições para o desenvolvimento e remuneração da implantação das ações técnica e economicamente viáveis, através da partilha (por tempo determinado) do

montante de economia obtida com a redução efetiva nos custos de consumo de energia do Cliente.

Com esta medida, espera-se a redução de aproximadamente R\$83.730,00 mensais sendo que nos primeiros 18 meses será pago um percentual desta economia para a empresa vencedora da licitação para a execução do serviço.

## Conclusão

O grande impacto econômico do uso da energia elétrica nos sistemas de distribuição de água e saneamento tem levado os gestores deste sistema a dar cada vez maior atenção ao seu uso. A prática de ações que levem à redução do custo operacional de energia elétrica e seu uso mais eficiente tem se tornado cada vez mais respeitada dentro das empresas do setor de saneamento.

Este cenário eleva a importância da gestão das grandezas medidas pelas concessionárias de energia para o faturamento da energia elétrica utilizada, devido ao fato de o grande número de unidades consumidoras dificultar a atuação de forma eficiente.

Foi objetivo deste trabalho apresentar um conjunto de contribuições para o referido problema, através do desenvolvimento de um modelo de Sistema de Gestão de Energia que fosse capaz de reunir os dados relativos ao faturamento de energia elétrica e os apresentasse de uma forma que agilizasse a sua utilização para o desenvolvimento de ações de eficiência energética.

A aplicação deste modelo na CAGEPA, apresentada no capítulo 5, mostrou a importância de se ter uma forma de gerenciar as faturas de energia elétrica em uma empresa de saneamento. Sem este sistema, a detecção de tão variadas falhas no uso da energia se torna praticamente impossível. O uso desta ferramenta na CAGEPA, conforme apresentado nos estudos de caso, levou a uma redução de mais de R\$250.000,00 mensais na fatura de energia em apenas um ano de aplicação, o que representa uma redução 6% no gasto mensal com energia elétrica.

Tendo em conta a análise dos resultados, o trabalho realizado apresenta as seguintes contribuições:

- Apresentação de um modelo de sistema de gestão de energia integrado com diversas áreas da empresa;
- A aplicação de ações para redução do custo operacional com energia elétrica e eficiência energética com ações de natureza administrativa

que podem ser implantadas sem nenhum investimento e com grande impacto na redução dos custos com energia;

- A apresentação do uso do inversor de frequência para o controle de vazão em sistemas onde o bombeamento de água é dirigido diretamente ao consumidor

A grande vantagem do modelo proposto é definir a forma de agir para operacionalizar as medidas de redução de desperdício na medida em que dá a conhecer dados específicos do sistema, tais como:

- quantos kWh a empresa está gastando para transportar  $1\text{m}^3$  de água;
- qual o consumo de energia elétrica na fase de tratamento;
- quanto se gasta para manter o nível do reservatório;

Além de dados de ordem geral, tais como:

- se está gastando mais energia elétrica do que o necessário para as atividades no setor de saneamento;
- quanto custa a energia que está sendo utilizada;
- qual o valor da conta de energia elétrica.

A principal desvantagem do modelo de ações apresentado é a falta de ações mais efetivas para a redução do consumo de energia elétrica.

## **6.1 Propostas de Desenvolvimento Futuro**

Com a realização deste trabalho foi possível identificar algumas direções de futuras investigações, visto que o mesmo não esgota os assuntos nele abordados. Algumas delas são salientadas em seguida:

- Para a consolidação de um programa de eficiência energética faz-se necessário coordenar as ações através da criação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia com delegação de poderes explícitos e bem definidos, envolvendo gestores da empresa principalmente das áreas de operação e manutenção;
- As perdas elétricas em um sistema de abastecimento de água estão diretamente associadas às perdas de água, assim o combate efetivo às

perdas de água mostra-se de grande importância quando a intenção é reduzir o consumo de energia;

- O uso da automação contribuiria bastante para a redução do consumo de eletricidade, visto que a automação consiste na substituição da ação humana pela mecânica ou por outro dispositivo criado pelo homem, o que contribuiria para melhorar a eficiência dos processos e aumentaria a segurança na operação do sistema.

## BIBLIOGRAFIA

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Manual de Orientação aos Consumidores: Energia Reativa Excedente.** Rio de Janeiro, 2004.

AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA. **Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica.** 43p. CESP. São Paulo, 1986.

ALLIANCE. **Água e Energia:** 2002. Aliança para conservação de Energia. Washington, Estados Unidos.

AMARAL, P. **Uma Reflexão sobre o Panorama Energético Mundial.** Disponível em [HTTP://www.ecoponto.com/energias/panorama](http://www.ecoponto.com/energias/panorama). Acesso em Junho de 2007.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas de Uso do Sistema de Transmissão.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em Julho de 2008.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução nº 456/2000.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2007.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução nº 300/2008.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em Agosto de 2008.

BAHIA, Sérgio Rodrigues (coord.) et al. **Eficiência Energética nos sistemas de saneamento.** Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2004.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.** (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios).

CAPUTO, Geovane Anselmo Silveira; ROSELLI, Marcio Andrey. **ANEEL e a prestação adequada dos serviços públicos de energia elétrica. 2008. 112 f. Monografia (Especialização em Gestão Pública)** – Universidade Estadual de Goiás, Luziânia, 2008.

CASSIANO FILHO, A.; TSUTIYA, M. T. **Economia nos custos de energia elétrica em obras sanitárias através da escolha adequada das tarifas.** Revista DAE, v. 52, p. 08-20, 1992

COSTA, G. J. C. **Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação.** EDIPUCRS. Porto Alegre, 2006. 4ª Edição. 561p.

COSTA, José Márcio; SILVA, Luís César. **Energia Elétrica e Tarifação.** Disponível em: <http://www.agais.com/eletrica.htm>. Acesso em Janeiro de 2008.

DACACH, N. G.; **Sistemas Urbanos de Água.** LTC. Rio de Janeiro, 1979. 2ª Edição.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** Volume I. Rio de Janeiro, 1993. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ELETROBRÁS. **Catálogos do Programa de Combate ao Desperdício de Energia.** Procel/Eletrobrás. 2005.

ELETROBRÁS/PROCEL. **Casos de Sucesso. Eficiência Energética no Saneamento Básico- SABESP- Projeto Santana.** Número 006, 4p. Rio de Janeiro. Junho de 2005.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2007: Ano base 2006.** Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2007. 192p. Disponível em <http://www.epe.gov.br>.

FERNANDES, C. **Abastecimento de Água.** 2007. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento>. Acesso em 07/01/2008.

FUPAI. **Conservação de Energia: Eficiência energética de Instalações e Equipamentos.** Itajubá, MG, 2001.

GOMES, Airton Sampaio; **PNCDA- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Guias Práticos. Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de Água.** Ministério das Cidades. 2007. 5v.

GOMES H. P. **Sistema de Abastecimento de Água**. Editora Universitária UFPB João Pessoa, 2002. 1ª Edição.

GOMES, H. P.; **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. Editora Universitária - UFPB. João Pessoa, 2004. 242p. 2ª Edição.

JUNIOR, Janízaro Pereira da Silva. **Combate ao desperdício de Energia**. Juiz de Fora. Minas Gerais. Brasil. Julho 2005. Dissertação de Mestrado.

KUBOTA, H.; TSUTIYA, M. T. **Economia de energia elétrica: estudo comparativo de consumo de energia elétrica em diversos métodos de controle de vazão**. In: 15o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1989, Belém. Anais do 15o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro : ABES, 1989. v. 2. p. 31-44.

MAGALHÃES,C. P.; *et al*; **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água a partir da racionalização e adequação tarifária na unidade de negócios de Itaberaba**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999, João Pessoa.

MANUAL PROCEL – **Motor de Alto Rendimento**. Cepel/ Eletrobrás. Rio de Janeiro, 1998. 1ª Edição.

\_\_\_\_\_ - **Eficiência Energética nos Sistemas de Saneamento**. IBAM/Eletrobrás. Rio de Janeiro, 2004.

MIRANDA, E.C. **Gerenciamento de perdas de água**. Capítulo 17.In: Abastecimento de água para consumo humano. Léo Heller e Valter Lúcio de Pádua (Organizadores). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

PINHEIRO, Paulette. **Indicadores de desempenho do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica numa distribuidora**. 2008. 50 f. Monografia (Especialização em Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PROCEL SANEAR. **Plano de Ação Procel Saneal 2006/2007**. Eletrobrás, Setembro de 2005.

PROCEL/ELETROBRÁS. **Programa Procel nas Escolas**. Panorama Energético Nacional, 2005.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL- RECESA. **Abastecimento de Água: Gerenciamento de Perdas de Água e Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento**. RECESA. Salvador. 2008. 139p.

SANTOS, A. H. M. *et. all.* **Eficiência Energética: Teoria e Prática**. Eletrobrás/PROCEL Educação/UNIFEI. Itajubá, 2007. 224p. 1ª Edição.

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Água e Esgoto – 12. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2006**. Ministério das Cidades. Brasília, 2007. 232p. Disponível em <http://www.snis.gov.br>.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo, 2005: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 185 p.

\_\_\_\_\_ **Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de água e esgoto**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, Foz do Iguaçu. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro - RJ : ABES, 1997. p. 268-269.

\_\_\_\_\_ **Redução nos custos de energia elétrica em obras sanitárias sem a diminuição do consumo de energia**. In: 16o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1991, Goiânia. Anais do 16o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1991. v. 2. p. 520-535.

\_\_\_\_\_ **Uso de Inversores de Frequência para diminuição do Consumo de Energia em Bombeamentos**. In: Abastecimento de Água. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 2007.

WEG **Guia de Aplicação de inversores de frequência**. 238p. Jaraguá do Sul, Santa Catarina, 2003.