



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS**  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

***MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA E  
GERENCIAMENTO PELO LADO DO  
CONSUMIDOR***

**Marcelo Drummond Martins**

Belo Horizonte  
2008

**Marcelo Drummond Martins**

***MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA E  
GERENCIAMENTO PELO LADO DO  
CONSUMIDOR***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Celso B. Andrade

Belo Horizonte  
2008

FICHA CATALOGRÁFICA  
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M386m Martins, Marcelo Drummond  
Monitoramento da energia elétrica e gerenciamento pelo lado do consumidor /  
Marcelo Drummond Martins. Belo Horizonte, 2008.  
151f. : il.

Orientador: José Celso Borges Andrade  
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

1. Eficiência industrial. 2. Política energética. 3. Energia elétrica - Consumo.  
4. Conservação de energia. 5. Energia elétrica - Tarifas. 6. Serviços de  
eletricidade - Tarifas. 7. Energia elétrica – Medição. 8. Medição –  
Processamento de dados. I. Andrade, José Celso Borges. II. Pontifícia  
Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 621.317



***"Monitoramento da Energia Elétrica e Gerenciamento pelo lado do Consumidor"***

**Marcelo Drummond Martins**

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 30 de maio de 2008

Por:

Prof. Paulo Fernando Monteiro Palmeira, Dr. - UFMG

Prof. José Celso Borges de Andrade, D.Ing. - Orientador

PPGEE, PUC-MG

Prof. Luiz Danilo Barbosa Terra, Ph.D. -

PPGEE, PUC-MG

Prof. Pyramo Pires da Costa Júnior, Dr. - Suplente

PPGEE, PUC-MG

## **Dedicatória**

*À minha mãe, ao meu pai e às minhas irmãs pela paciência e incentivo.  
À Débora, por todo amor e carinho nesta trajetória em busca de meu êxito.  
À Giovanna, presença marcante em minha vida.  
À Deus, porque, sem Ele, nada seria possível.*

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, professor e amigo Dr. José Celso Borges de Andrade, pela confiança e incentivo durante todo o trabalho.

À Deus que me concedeu o “Dom da Vida” e tornou possível a realização de mais um sonho.

Aos meus pais, pelo otimismo e incentivo ao meu trabalho acadêmico.

Aos meus amigos do curso de mestrado, professores e demais funcionários da secretaria.

À CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoas de Ensino Superior – pela bolsa de mestrado concedida.

Aos amigos e colegas da Unipac Bom Despacho, que acreditaram em um projeto e me acompanharam nesta jornada.

**“Nós gerenciamos a nossa vida somente com o  
que temos em nossas mãos: o amor e a  
paciência.”**

(Autor desconhecido)

## Resumo

Este trabalho apresenta uma metodologia para a determinação do uso eficiente da energia elétrica de usos finais, através da medição *on-line* da energia consumida pela unidade, análise orientada das instalações elétricas e seus potenciais de economia. A metodologia baseia-se no fato de que as empresas precisam de informações claras e objetivas para tomar decisões frente às novas e modernas tecnologias de uso eficiente da energia elétrica. Estas informações e as diversas metodologias de determinação dos níveis de eficiência energética, em todos os setores de uma empresa, se direcionam para um dado simples: **a redução do custo com a energia elétrica**. Para aqueles que tomam decisões, a principal base de informação são fatos numéricos coletados sistematicamente, ordenadamente, transformados em informações úteis. Através da análise, verifica-se a necessidade de acompanhar o processo de medição e gerenciamento contínuo da eficiência energética para que todas as medidas tomadas e todo o empenho envolvido não se percam após o término do processo. Como resultados, obtêm-se a economia de meios, a conscientização dos profissionais, administradores envolvidos no processo e a continuidade do monitoramento e gerenciamento eficiente da energia consumida.

Palavras chaves: eficiência energética, energia elétrica, conservação de energia, tarifas de energia elétrica e monitoramento de energia.

## **ABSTRACT**

This work presents a methodology for determination of the efficient use of the electric energy of final uses, through the on-line measurement of the energy consumed and a systematic analysis of the electric installations and their potentials of economy. The methodology is based on the fact that the companies need clear and objective information to take decisions due to the new and modern technologies of efficient use of the electric energy. Information and methodologies to the determination of energy levels efficiency, in all sectors of a company, are directed to a simple fact: the reduction of the cost of the electric energy consumed. For people that take decisions, the main base of information are numerical data collected systematic ally and transformed into useful information. Through the analysis, it is verified the necessity to follow the process of measurement and continuous management of the energy efficiency so that all the obtained measures and all the involved methodologies are not lost at the ending of the process. As a desired result, economy is attained and professional and involved administrators can now assume monitoring and efficient management of the consumed energy.

**Keywords:** energy efficiency, electric energy and conservation of energy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Comparativo do consumo de energia elétrica das concessionárias (TWh) por classes segundo ELETROBRÁS (2007).....	<b>22</b>
<b>Figura 2.1</b> – Diagrama de como economizar – Curso eficiência energética Cemig- Ano 2006.....	<b>35</b>
<b>Figura 2.2</b> – Conta de média e alta tensão - Cemig Ano 2006.....	<b>37</b>
<b>Figura 2.3</b> – Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia - Ano 2007.....	<b>38</b>
<b>Figura 2.4</b> – Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia – Relatório por período - Ano 2007.....	<b>39</b>
<b>Figura 2.5</b> – Triângulo de potência.....	<b>41</b>
<b>Figura 2.6</b> – Curva de carga ideal - Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia - Ano 2006.....	<b>43</b>
<b>Figura 2.7</b> – Central de monitoramento de energia Cemig - Ano 2006.....	<b>44</b>
<b>Figura 2.8</b> – Consumo de energia elétrica x volume de água nos reservatórios das Usinas.....	<b>48</b>
<b>Figura 2.9</b> – Tarifa Horó-sazonal Azul.....	<b>51</b>
<b>Figura 2.10</b> – Gráfico da curva de carga com demanda máxima.....	<b>54</b>
<b>Figura 2.11</b> – Gráficos da curva de carga com demanda máxima e média: Aproximação da demanda máxima para a média – Gerenciador de Demanda.....	<b>54</b>
<b>Figura 2.12</b> – Gráfico da curva de carga com demanda média e aproximação para a demanda máxima.....	<b>55</b>
<b>Figura 2.13</b> – Gráfico da curva de carga exemplo a ser otimizado.....	<b>55</b>
<b>Figura 2.14</b> – Gráfico da curva de carga ideal, planejado pelo monitoramento.....	<b>56</b>
<b>Figura 2.15</b> – Sistema de monitoramento de energia ANALO e a interligação ao medidor da concessionária.....	<b>61</b>
<b>Figura 2.16</b> – Tela de monitoramento da energia, com comentários.....	<b>62</b>
<b>Figura 2.17</b> – Configuração dos parâmetros de medição.....	<b>63</b>

<b>Figura 2.18</b> – Configuração dos parâmetros de medição: Tarifas atuais praticadas pela concessionária.....	<b>64</b>
<b>Figura 2.19</b> – Configuração dos parâmetros de contrato atual.....	<b>65</b>
<b>Figura 2.20</b> – Simulação hora ponta das 18:00 às 21:00Hs e valores por modalidade tarifária.....	<b>65</b>
<b>Figura 2.21</b> – Simulação hora ponta das 19:00 às 22:00Hs e valores por modalidade tarifária.....	<b>66</b>
<b>Figura 3.1</b> – Curva de carga para um dia típico - Quarta-feira, 22 de novembro de 2006.....	<b>70</b>
<b>Figura 3.2</b> – Análise da conta de energia para modalidade tarifária Verde.....	<b>77</b>
<b>Figura 3.3</b> – Custo específico por modalidade tarifária – Campus Universitário.....	<b>90</b>
<b>Figura 3.4</b> – Custo específico por dias de semana – Campus Universitário.....	<b>91</b>
<b>Figura 3.5</b> – Variação dos valores em reais versus modalidade tarifária - Campus Universitário.....	<b>92</b>
<b>Figura 3.6</b> – Variação do percentual do custo do período por modalidade tarifária– Campus Universitário.....	<b>93</b>
<b>Figura 3.7</b> – Consumo Total mês de abril/07 x dias da semana - Campus Universitário.....	<b>93</b>
<b>Figura 3.8</b> – Comparativo entre as curvas de cargas diárias do dia típico de quarta-feira, em maio de 2006, maio de 2007 e agosto de 2007 - Campus Universitário.....	<b>95</b>
<b>Figura 4.1</b> – Curva de carga inicial, dia típico de quarta-feira, 24 de janeiro de 2007.....	<b>99</b>
<b>Figura 4.2</b> – Curva de carga inicial, dia típico de sexta-feira, 26 de janeiro de 2007.....	<b>99</b>
<b>Figura 4.3</b> – Período de análise da conta de energia período base Fevereiro de 2007 Horário de ponta no intervalo das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>100</b>
<b>Figura 4.4</b> – Análise da demanda máxima - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs. ....	<b>101</b>
<b>Figura 4.5</b> – Análise da demanda semanal - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>101</b>

<b>Figura 4.6</b> – Análise do consumo - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>102</b>
<b>Figura 4.7</b> – Conta de energia tarifa Verde - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>103</b>
<b>Figura 4.8</b> – Análise do fator de potência - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>108</b>
<b>Figura 4.9</b> – Demanda máxima registrada - Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>110</b>
<b>Figura 4.10</b> – Valores faturados pela concessionária, em Reais - Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>111</b>
<b>Figura 4.11</b> – Consumo específico em kWh x dias da semana - Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>112</b>
<b>Figura 4.12</b> – Consumo por horário de ponta x Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>113</b>
<b>Figura 4.13</b> – Consumo por horário fora de ponta capacitivo x Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>114</b>
<b>Figura 4.14</b> – Consumo por horário fora de ponta Indutivo x Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>114</b>
<b>Figura 4.15</b> – Consumo total x Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>115</b>
<b>Figura 4.16</b> – Valores médios faturados, em Reais por kWh - Período de análise Março/07 a Maio/07.....	<b>116</b>
<b>Figura 4.17</b> – Curva de carga típica de um dia de produção: Período de análise Março/07 a Abril/07.....	<b>117</b>
<b>Figura 4.18</b> – Período de análise da conta de energia período base Julho de 2007 Horário de ponta no intervalo das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>118</b>
<b>Figura 4.19</b> – Análise da demanda máxima - Período de análise da conta de energia Junho de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>119</b>
<b>Figura 4.20</b> – Análise da Demanda semanal - Período base da conta de energia de julho de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>120</b>
<b>Figura 4.21</b> – Análise do Consumo - Período base da conta de energia de julho de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.....	<b>120</b>
<b>Figura 4.22</b> – Análise do crescimento do consumo e valor da conta – Ano de 2007.....	<b>122</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b> – Brasil - Previsões do Consumo de Energia Elétrica das Concessionárias (TWh) por classes segundo EPE (2007).....	<b>21</b>
<b>Tabela 1.2</b> - Perfil por classe de consumo de energia elétrica ano 2015, JANUZZI (1994).....	<b>23</b>
<b>Tabela 2.1</b> – Tabela: Grupo de Tensão atendido pela Cemig –Cemig (2006).....	<b>47</b>
<b>Tabela 3.1</b> – Período de análise da conta de energia período base Novembro de 2006 Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>69</b>
<b>Tabela 3.2</b> – Análise da demanda da conta de energia período base Novembro de 2006 Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>71</b>
<b>Tabela 3.3</b> – Análise do consumo da conta de energia período base Novembro de 2006 Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>72</b>
<b>Tabela 3.4</b> – Análise do fator de potência da conta de energia período base: Novembro de 2006 Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>80</b>
<b>Tabela 3.5</b> – Análise da Demanda aparente da conta de energia período base Novembro de 2006 Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>84</b>
<b>Tabela 3.6</b> – Secção relativa do condutor e o fator de potência da instalação – ABNT NBR 5410 (1997).....	<b>84</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Índices de referência da conta de energia período base Novembro de 2006 - Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.....	<b>75</b>
<b>Quadro 2</b> - Análise do consumo da câmara fria e seu valor economizado em reais e em consumo.....	<b>78</b>
<b>Quadro 3</b> - Análise do fator de potência e redução das perdas mensais, em reais....	<b>81</b>
<b>Quadro 4</b> - Análise do fator de potência e redução das perdas.....	<b>82</b>
<b>Quadro 5</b> - Potência do transformador e a potência aparente absorvida, em função do fator de potência da carga.....	<b>83</b>
<b>Quadro 6</b> - Comparativo entre a potência instalada atual e a pós <i>retrofit</i> .....	<b>87</b>
<b>Quadro 7</b> - Comparativo entre o custo inicial das melhorias e o retorno dos investimentos em meses.....	<b>88</b>
<b>Quadro 8</b> - Consumo específico horário tarifário e por dia de semana.....	<b>89</b>
<b>Quadro 9</b> - Índices de referência da conta de energia período base Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até às 22:00hs.....	<b>106</b>
<b>Quadro 10</b> - Comparativo entre os índices do período base e período atual.....	<b>121</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>cal</b>	– caloria
<b>E</b>	– exa
<b>G</b>	– giga
<b>J</b>	– joule
<b>k</b>	– kilo
<b>M</b>	– mega
<b>P</b>	– penta
<b>T</b>	– tera
<b>tEP</b>	– tonelada Equivalente de Petróleo
<b>VA</b>	– watt-ampères
<b>W</b>	– watt
<b>Wh</b>	– watt-hora
<b>Wp</b>	– watt pico

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>ANP</b>	Agência Nacional do Petróleo
<b>APM</b>	“Advanced Power Management”
<b>BEN</b>	Balanço Energético Nacional
<b>BIG</b>	Banco de Informações de Geração
<b>CEMIG</b>	Companhia Energética de Minas Gerais
<b>CNPE</b>	Conselho Nacional de Política Energética
<b>CPFL</b>	Companhia Paulista de Força e Luz
<b>DEC</b>	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>DHT</b>	Distorção Harmônica Total
<b>DIC</b>	Duração de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>DMIC</b>	Duração Máxima de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>EER</b>	“Energy Efficiency Ratio”
<b>EIA</b>	Estudo de Impacto Ambiental
<b>EPE</b>	Empresa de Pesquisa Energética
<b>FEC</b>	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>FIC</b>	Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>GLD</b>	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
<b>GREEN</b>	Grupo de Estudos em Energia/PUC-MG
<b>HFP</b>	Hora Fora de Ponta

<b>HFPC</b>	Hora Fora de Ponta Capacitivo
<b>HFPI</b>	Hora Fora de Ponta Indutivo
<b>HP</b>	Hora de Ponta
<b>IASC</b>	Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDH</b>	Índice de Desenvolvimento Humano
<b>IEA</b>	International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>LED</b>	“Light-Emitting Diode”
<b>MAE</b>	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
<b>MME</b>	Ministério de Minas e Energia
<b>ONS</b>	Operador Nacional do Sistema Elétrico
<b>PAC</b>	Plano de Aceleração do Crescimento
<b>PC</b>	“Personal Computer”
<b>PCH</b>	Pequena Central Hidrelétrica
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PIE</b>	Produtor Independente de Energia Elétrica
<b>PIR</b>	Planejamento Integrado de Recursos
<b>PLC</b>	"Power Line Communication"
<b>PNAD</b>	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios/IBGE
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.
<b>PPGEE</b>	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

<b>PROCEL</b>	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
<b>PUC</b>	Pontifícia Universidade Católica
<b>RIMA</b>	Relatório de Impacto Ambiental.
<b>ROL</b>	Receita Operacional Líquida.
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>SIN</b>	Sistema Interligado Nacional.
<b>THS</b>	Tarifa horo-sazonal
<b>UNIPAC</b>	Universidade Presidente Antonio Carlos

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
1.1 Considerações iniciais.....	20
1.2 <i>Retrofit</i> : definição.....	24
1.3 Gerenciamento energético: definição.....	25
1.4 Justificativa.....	28
1.5 Objetivos.....	30
1.6 Metodologia.....	31
1.7 Organização da dissertação.....	31
<b>2 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO.....</b>	<b>33</b>
2.1 Introdução.....	33
2.2 Consumo de energia elétrica.....	34
2.3 Eficiência energética.....	35
2.4 Potenciais de eficiência energética.....	39
2.5 Sistemas de medição de energia elétrica.....	41
2.5.1 <i>Conceitos</i> .....	41
2.5.2 <i>Como a energia elétrica é medida</i> .....	45
2.5.3 <i>Tarifas de energia elétrica</i> .....	45
2.5.4 <i>Horário de ponta e fora de ponta</i> .....	47
2.5.5 <i>Períodos: Seco e Úmido</i> .....	48
2.5.6 <i>Tarifas horo-sazonal</i> .....	48
2.5.7 <i>Enquadramento tarifário das empresas</i> .....	49
2.5.8 <i>Fator de carga</i> .....	53
2.5.9 <i>Preço médio</i> .....	56
2.5.10 <i>Consumo específico</i> .....	57
2.5.11 <i>Custo específico</i> .....	59
2.5.12 <i>Sistemas de monitoramento da energia elétrica</i> .....	60
2.5.13 <i>Sistema de monitoramento da energia</i> .....	61
<b>3 ESTUDO DE CASO - UNIDADE DE ENSINO.....</b>	<b>67</b>
3.1 Características gerais.....	67
3.2 Consumo de energia elétrica.....	68
3.3 Análise energética.....	68
3.3.1 <i>Análise das tarifas utilizadas e curva de carga</i> .....	68
3.3.2 <i>Demanda Máxima registrada</i> .....	70
3.3.3 <i>Análise do consumo</i> .....	72
3.3.4 <i>Mudança de tarifa</i> .....	76

<b>3.3.5 Análise do Fator de potência e energia reativa.....</b>	<b>79</b>
<b>3.3.6 Análise dos equipamentos.....</b>	<b>85</b>
<b>3.6 Potenciais de economia.....</b>	<b>88</b>
<b>3.7 Análise dos resultados.....</b>	<b>89</b>
<b>4 INDÚSTRIAS DE RAÇÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>4.1 Características gerais.....</b>	<b>97</b>
<b>4.2 Consumo de energia elétrica.....</b>	<b>98</b>
<b>4.3 Análise das tarifas utilizadas e curva de carga.....</b>	<b>98</b>
<b>4.4 Utilização no horário de ponta.....</b>	<b>107</b>
<b>4.5 Análise do fator de potência e energia reativa.....</b>	<b>108</b>
<b>4.6 Potenciais de economia.....</b>	<b>109</b>
<b>4.7 Análise energética após <i>retrofit</i>.....</b>	<b>117</b>
<b>4.8 Comparativo entre o período inicial e após o monitoramento.....</b>	<b>122</b>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>124</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>126</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>152</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

O consumo de energia elétrica vem ganhando destaque na indústria, no comércio e residências pelo aumento da demanda e valores de tarifas e impostos.

Este consumo crescente, ligado à falta de investimento no setor de geração, vem diminuindo a distância entre a demanda e a oferta, tornando o fornecimento cada vez mais caro e crítico em curto prazo (CARVALHO, J.F., JANNUZZI, G.M, 1994)

Pode-se observar pela **Tabela 1.1**, que o crescimento do consumo nas várias classes, mesmo com a crise energética de 2001, superou as expectativas de aumento de consumo de energia (em torno de 4,7% ao ano).

A busca de soluções para o problema de fornecimento abrange, entre outras alternativas, o investimento no parque de geração e transmissão e, também, a implantação de campanhas de combate ao desperdício de energia elétrica e o investimento em ações que promovam o aumento da eficiência nos diversos usos finais de energia elétrica (ABILUX, 1996). Este fato ocasiona um aumento significativo nos investimentos, nas tarifas e taxas para estas soluções (BARDELIN – 2004).

Como observam Camargo e Teive (2006), são vários os fatores que justificam tais projeções. O principal deles reside no fato de o planeta já possuir mais de seis milhões de habitantes e continuar crescendo em ritmo acelerado, principalmente nos países em desenvolvimento que dependem essencialmente da energia elétrica para resolver problemas de saneamento básico e alimentação. Logo, para que seja garantido um nível de subsistência mínimo para todas as pessoas, será necessário um aumento muito elevado da quantidade de energia disponível.

Pelo exemplo gráfico da **figura 1.1** nota-se que o crescimento na área industrial, no período de 1998 a 2008, representou um percentual menos elevado que nos outros setores. Mesmo assim o seu crescimento foi ocasionado pelo aumento da produção e pela estabilidade da economia nacional.

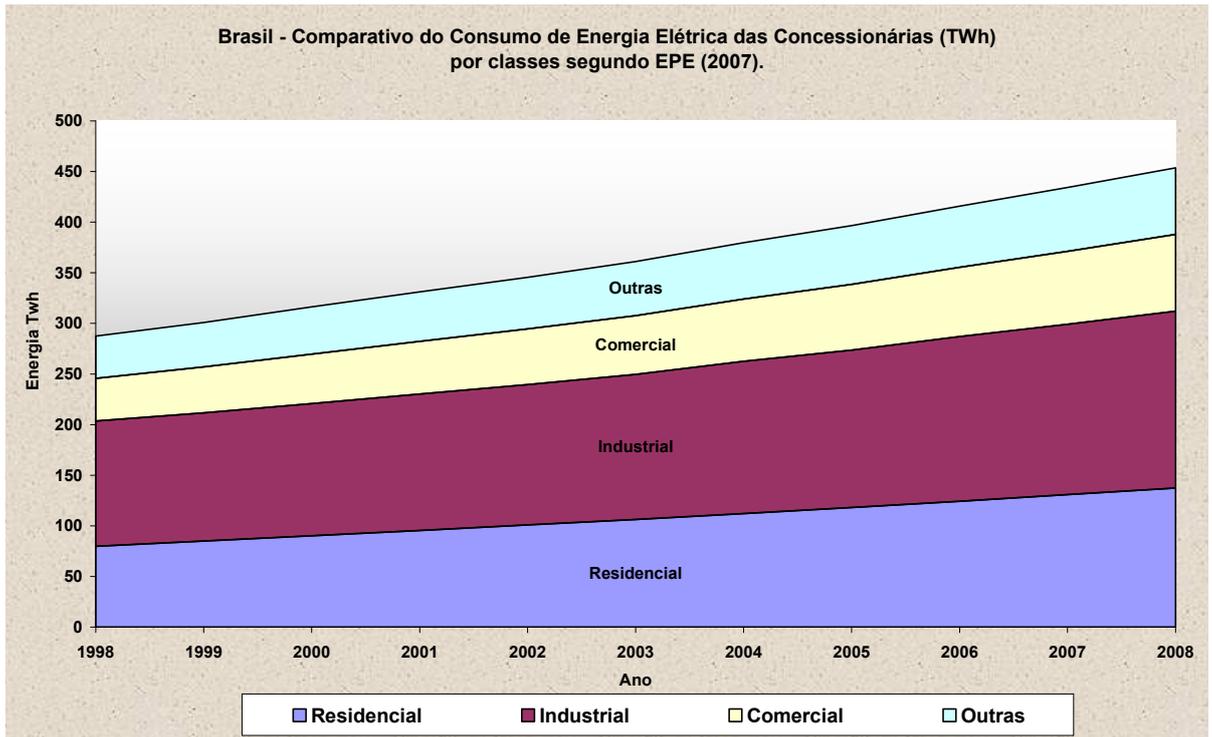
**Tabela 1.1**

Brasil - Previsões do Consumo de Energia Elétrica das  
Concessionárias (TWh) por classes.

Período	Residencial	Industrial	Comercial	Outras	Brasil
1998	79,8	123,7	42,2	41,7	287,4
1999	85,0	126,6	45,4	43,8	300,8
2000	90,3	130,5	48,8	46,6	316,2
2001	95,5	134,8	51,9	48,8	331,0
2002	100,9	138,6	55,0	51,0	346,0
2003	106,4	143,2	58,1	53,4	361,1
2004	112,2	150,4	61,5	55,6	379,7
2005	118,1	155,5	64,9	58,0	396,5
2006	124,3	162,7	68,4	60,4	415,8
2007*	130,8	168,3	72,1	63,0	434,2
2008**	137,4	174,6	75,9	65,6	453,5
<b>Taxas de crescimento (% ao ano)</b>					
1998/2003	5,9	3,0	6,6	5,1	4,7
2003/2008	5,2	4,0	5,5	4,2	4,7
1998/2008	5,6	3,5	6,0	4,6	4,7
<b>Estrutura de participação (em %)</b>					
1998	27,8	43,0	14,7	14,5	100,0
2003	29,5	39,7	16,1	14,7	100,0
2008	30,3	38,5	16,7	14,5	100,0

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2007.

Tais fatores, aliados à mudança de comportamento dos consumidores que passaram a ser mais exigentes quanto à qualidade da energia fornecida, e a necessidade de energia suficiente para garantir o crescimento econômico estão conduzindo a um quadro em que a demanda de energia crescerá cerca de quatro vezes no século XXI.



**Figura 1.1** – Comparativo do consumo de energia elétrica das concessionárias (TWh) por classes segundo EPE (2007)

No entanto, as alternativas que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica apresentam, geralmente, custo e tempo de retorno mais reduzidos dos investimentos, quando comparados aos valores de outras alternativas, como, por exemplo, a construção de novas plantas geradoras (CADDET, 1998).

Os resultados obtidos relativos à redução do consumo são imediatos, tornando o uso racional e eficiente de energia elétrica uma alternativa natural, de certa forma, para a solução do problema de fornecimento no curto prazo (COELHO, D. – 2001).

A **tabela 1.2 - Perfil por classe do consumo de energia elétrica ano 2015** apresenta as diversas classes setoriais do consumo de energia elétrica, no ano 2015. Percebe-se que haveria uma economia de aproximadamente 100.489.364 MWh (cerca de 18%), se fossem executados os programas de conservação de energia.

Esta economia atinge todos os setores das classes consumidoras contribuindo para a conscientização e comprometimento de todos os envolvidos no processo.

Tabela 1.2

*Perfil por classe do consumo de energia elétrica ano 2015.*

Classe	Consumo		
	S/Conservação	C/Conservação	%
Residencial	159.000.000	101.000.000	63,5%
Comercial+Terciário	61.300.000	50.800.000	82,9%
Industrial	261.223.364	244.260.000	93,5%
Rural	12.000.000	8.000.000	66,7%
Iluminação Pública	11.878.000	10.800.000	90,9%
Poderes Públicos	8.450.000	6.760.000	80,0%
Serviços Públicos	33.958.000	28.200.000	83,0%
Consumo Próprio	12.600.000	10.100.000	80,2%
<b>Total</b>	<b>560.409.364 MWh</b>	<b>459.920.000 MWh</b>	<b>82,1%</b>

Fonte: JANUZZI (1994).

Os programas de conservação de energia são fundamentais no combate ao seu desperdício e na conscientização do seu uso racional.

O **PROCEL – Programa de Conservação de Energia Elétrica** é um programa de governo voltado para o combate ao desperdício de energia elétrica, instituído em dezembro de 1985 e implantado em 1986.

Ele é coordenado pelo **Ministério de Minas e Energia**. A **Eletrobrás S/A** é responsável por sua execução. Seu principal objetivo é o de combater o desperdício de energia elétrica nos consumidores e nas concessionárias, ajudando na qualidade de produtos e serviços, reduzindo o impacto ambiental e fomentando a criação de empregos (GUGLIELMETTI, A. H. G., 2002).

A eficiência energética, hoje, é mais importante do que nunca, como resultado da gestão administrativa em empresas e instituições para diminuir seus custos e permanecerem competitivas no mercado, passando do nível inicial de eficiência energética individualizada, para um **Gerenciamento Energético Eficiente de todos os insumos energéticos** (PINTO, J.R. – 2000).

Esta tarefa abrange desde a análise dos parâmetros iniciais, a implantação e a comparação entre o que foi obtido e a manutenção deste percentual de economia no uso das instalações, tendo-se muitas vezes, um crescimento linear entre o aumento do consumo e o aumento da potência instalada na unidade estudada (LOMARDO, L.L.N – 1994)

A partir dos resultados obtidos, pode-se ressaltar a importância de se conscientizar os vários setores de uma empresa, sobre sua contribuição individualizada no custo total dos gastos energéticos, facilitando a Gestão Energética Eficiente e difundindo esta gestão para outros segmentos de atividades dentro e fora da empresa.

Sob o aspecto financeiro das economias alcançadas, ressalta-se a importância da criação de um fluxo de caixa para o acompanhamento e monitoramento das ações, dando credibilidade e continuidade ao processo de conscientização e apuração dos dados (ROSA, C. A. C. – 1994)

## **1.2 RETROFIT: DEFINIÇÃO**

**Retrofit** é o termo utilizado em inglês, em sua forma original, para definir qualquer reforma. No entanto, entre os profissionais e pesquisadores envolvidos com eficiência energética, o termo é utilizado para definir alterações no processo, nos equipamentos e conceitos existentes em sistemas consumidores de energia elétrica visando o seu uso eficiente e seu gerenciamento energético (AGUIAR, J. C. R. , RODRIGUES, P.T., MAIA, A.C.B – 1998).

A eficiência energética representa a capacidade de transformação da menor quantidade de energia possível para a geração máxima da quantidade de trabalho possível. Este conceito torna-se insignificante, a menos que os sistemas de equipamentos, motores e iluminação forneçam condições adequadas para a realização das tarefas e processos industriais.

A adoção de tecnologias energeticamente eficientes não deve, sob nenhuma hipótese, prejudicar o conforto e a qualidade final dos produtos e processos (GUGLIELMETTI, A. H. G. - 2002).

### 1.3 Gerenciamento energético: definição

O conceito de **gerenciamento energético eficiente e do gerenciamento pelo lado do consumidor** aborda como principal meta a continuidade dos processos de análise, monitoramento e ações que mantenham o aspecto contínuo e seqüencial do uso eficiente da energia (PROCEL – 2001a).

A análise e monitoramento irão utilizar suportes tecnológicos de **software e hardware** que monitoram a energia consumida **on-line**, conforme ela é faturada pela concessionária, facilitando a implementação das melhorias e sua análise quantitativa.

A supervisão e coordenação das principais cargas e equipamentos de uma instalação, com suas características individuais próprias, permitem, por exemplo, atuar sobre as operações de ligar e desligar cargas e ajustar equipamentos nos períodos mais críticos, de modo a manter o nível de consumo e demanda dentro dos índices de controle (ALLUCCI – 1994).

O controle da demanda de energia contratada e o realmente registrado permite ao consumidor beneficiar-se das tarifas diferenciadas e a redução do custo com energia (LIMA – 1996).

Nos casos estudados, a utilização deste sistema de monitoramento de energia auxiliou no acompanhamento e verificação das metas e valores finais da energia elétrica, nos diversos dias, horários e demandas consumidas pela unidade analisada.

O gerenciamento energético da utilização da energia por estes casos exemplos se fez nas seguintes etapas:

#### **1ª Etapa:**

É feita a instalação do sistema de monitoramento da energia junto à medição da concessionária. Esta instalação permite, já no primeiro estágio, a determinação da curva de carga típica da unidade estudada.

## 2ª Etapa:

Com as informações do sistema seguem a análise tarifária, o estudo dos horários e da curva de carga geral da unidade.

Através do sistema de monitoramento da energia, o usuário é capaz de:

- Monitorar em tempo real as principais grandezas relacionadas ao uso de energia elétrica;
- Registrar todas as interrupções no fornecimento da concessionária;
- Analisar de forma gráfica, através de curvas de carga, todas as grandezas monitoradas;
- Analisar de forma analítica, através de relatórios, a evolução dessas grandezas no tempo;
- Validar as contas de energia expedidas pela concessionária;
- Monitorar em tempo real, via Internet ou rede corporativa, outras instalações da empresa.

Entre as grandezas monitoradas pelo sistema pode-se citar:

- Energia: ativa, reativa e aparente;
- Demanda: ativa, reativa e aparente;
- Tempo restante do intervalo de integração atual;
- Fator de potência por intervalo de integração e por intervalo reativo;
- Correção capacitiva necessária para o fator de potência de 0,92;
- Fator de carga.

Além dessas grandezas, as seguintes informações também estão usualmente disponíveis:

- Períodos de faturamento considerados pela concessionária;
- Valores dos parâmetros tarifários calculados para esses períodos;
- Valores acumulados para o período atual;
- Valores máximos, mínimos e gerais, conforme a grandeza, segmentados em postos horários e em dias da semana.

A análise dos elementos que compõem esta estrutura, seja pela tarifa convencional ou horo-sazonal, é indispensável para uma tomada de decisão quanto ao uso eficiente da energia. A conta de energia é uma síntese dos parâmetros de consumo, refletindo a forma como a mesma é utilizada. Uma análise histórica, com no mínimo 12 meses, apresenta um quadro rico de informações e torna-se a base de comparação para futuras mudanças, visando mensurar potenciais de economia (PROCEL – 2002c).

Neste sentido, o estudo e acompanhamento das contas de energia tornam-se ferramentas importantes para a execução de um gerenciamento energético eficiente. Além disso, o resultado da análise permite que o instrumento contratual entre a concessionária e o consumidor torne-se adequado às necessidades deste, podendo implicar em redução de despesas com eletricidade (PROCEL – 2005d).

O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o preço da eletricidade para os diferentes tipos de consumidores. O órgão regulamentador do sistema tarifário vigente é a Agência Nacional de Energia Elétrica – **ANEEL**, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – **MME**.

Este sistema tarifário permitiu a implementação de um sinal econômico para os consumidores, incentivando-os à maior utilização de energia durante os períodos de menor demanda ou maior disponibilidade de oferta pelo sistema elétrico.

A **THS**, como é conhecida a Tarifa horo-sazonal, permitiu a diferenciação na cobrança de energia elétrica de acordo com os períodos do dia (hora de ponta e hora fora de ponta) e com os períodos do ano (seco e úmido).

O horário de ponta (**HP**) é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, compreendidas entre 17h e 22h, exceção feitas aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico.

O horário fora de ponta (**HFP**) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta (PROCEL – 2005e)

### 3ª Etapa:

São estudados os principais aspectos e variáveis citados anteriormente, visando à redução do valor pago pelo consumidor, para que já no primeiro instante se possa ter um fluxo de caixa positivo, o qual será um ponto de partida.

Nesta fase, estabelece-se uma análise e *retrofit* das instalações ordenando as questões, por ordem de:

- Maior potência;
- Maior tempo de funcionamento;
- Por horário de funcionamento;
- Por quantidade de equipamentos comuns;
- Por perfil de consumo e rateio entre os demais equipamentos.

#### 1.4 Justificativa

Os programas de eficiência energética compõem-se basicamente da readequação das tecnologias existentes e racionalização do uso da energia. Os conceitos do uso eficiente da energia tomam novas posturas e passam a se caracterizar também pelo Gerenciamento Energético Eficiente e Plano de Medição e Verificação dos Resultados.

O tema, sob uma focalização mais abrangente, completa os conceitos da eficiência energética, atingindo uma visão global do propósito de Conservação de Energia.

Nos últimos anos, a eficiência energética baseou-se em situações provocadas pelo racionamento da energia elétrica nos vários setores da economia. Esta relação esteve diretamente ligada à imposição, pelo **Governo Federal**, do racionamento elétrico, em 2001, pela falta de recursos energéticos na geração de energia em todo o país e debilidades do Sistema de Transmissão Nacional (BALDELIN – 2004).

Esta política ainda agrega, atrelados ao conceito de eficiência energética, tópicos que visavam, sobretudo, a troca de equipamentos por outros mais eficientes e o desligamento e sucateamento de equipamentos de baixa eficiência.

Ela limitou-se, também, do lado do consumo, a reduzir a demanda de potência, com a consequência imediata de reduzir o consumo e os gastos com energia elétrica. Assim, seria possível postergar, por falta de recursos, elevados investimentos na geração e transmissão.

A quantificação do potencial de conservação, para aumentar a eficiência energética, é complexa e sujeita a incertezas. A complexidade decorre do grande número de agentes e das novas tecnologias envolvidas. As incertezas vêm da macroeconomia nacional, que sofre interferências dos vários âmbitos da economia mundial, tais como o aumento ou redução dos valores do dólar, políticas nacionais, diretrizes do governo, entre outras. (PROCEL – 2005d).

As incertezas também são ocasionadas por mudanças de hábitos e de situações de trabalho dentro de uma empresa, as quais podem ocasionar um aumento do consumo energético não contabilizado nos cálculos anteriores (OLIVEIRA – 1999).

Esta quantidade de variáveis e sua abordagem, somente no nível de projetos de redução da demanda e consumo por equipamentos mais eficientes, tornam o conceito anterior de eficiência energética um pouco incompleto e, em transição para outro nível, o do **MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA E GERENCIAMENTO PELO LADO DO CONSUMIDOR.**

## 1.5 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia para o **GERENCIAMENTO ENERGÉTICO EFICIENTE** em sistemas consumidores de energia distintos. Desta forma, os estudos de caso serão realizados em dois diferentes tipos de consumidores:

- Unidade de ensino superior;
- Fábrica de Rações e suplementos;

Através do desenvolvimento da metodologia para o monitoramento da energia elétrica e gerenciamento pelo lado do consumidor e dos estudos de casos apresentados, percebe-se a necessidade de enumeração de alguns objetivos específicos.

- Determinar o uso final, antes e depois do *retrofit*, para os diferentes sistemas consumidores de energia (sistemas de iluminação, sistemas de ar condicionado, sistemas e equipamentos industriais, motores e demais equipamentos);
- Utilizar um sistema de monitoramento do consumo da energia elétrica *on-line* para coleta e análise do perfil consumidor de cada caso estudado;
- Avaliar o consumo e rateio dos equipamentos, em função da potência instalada nas unidades e seu consumo global (LIMA – 1998);
- Estabelecer níveis de prioridades de ação para os diversos equipamentos instalados, através do cálculo do rateio por consumo e custo da energia nas unidades estudadas (BAUER -1991);
- Monitorar, após a implantação das melhorias, a manutenção do padrão de consumo e perfil economicamente eficiente da utilização da energia e valor total pago pela unidade.

## 1.6 Metodologia

A investigação realizada envolveu o estudo de casos de gerenciamento energético em empresas com características diferentes, sendo um campus universitário, com o uso da energia no horário de ponta e uma indústria de rações, com o regime descontínuo e com picos de demanda ao longo do dia. Esta diversidade do uso da energia durante os períodos de análise pode favorecer a criação de modelos, formas de análise e uso eficiente da energia elétrica e o seu gerenciamento pelo lado do consumidor.

## 1.7 Organização da dissertação

Após uma breve introdução aos temas da metodologia estudada e as questões sobre racionamento e gerenciamento energético eficiente, são abordados os principais conceitos sobre medição de energia elétrica adotadas pelas concessionárias e os dados fornecidos pelo sistema de monitoramento de energia no **capítulo 1**.

No **capítulo 2**, é feita uma revisão dos conceitos teóricos e práticos sobre o uso eficiente da energia e a determinação das variáveis de controle e de consumo, bem como a caracterização das informações fornecidas pelo sistema de monitoramento de energia e as contas de energia elétrica fornecidas pelas concessionárias e os objetivos iniciais na análise dos resultados.

O estudo de caso abordado no **capítulo 3** apresenta a medição típica de um período de 30 dias e todas as medidas para a redução do consumo e custo com a energia elétrica. Este consumidor é uma instituição de ensino superior que concentra seu maior consumo nos horários de ponta, no caso, das 18:00 às 22:30hs. O comparativo entre o mês inicial e o mês final, após serem abordados as metas e melhorias, mostrou os ganhos e economias alcançadas com este estudo.

O estudo de caso no **capítulo 4** mostra uma indústria de rações, com o perfil relacionado à produção em processos de curta duração e que acarreta uma oscilação da demanda registrada ao longo do período de amostra. Este consumidor retrata a metodologia para o desligamento nos horários de ponta e o gerenciamento e modulação das cargas proporcionando um controle da demanda registrada.

No **capítulo 5** são apresentadas as conclusões e recomendações dos casos estudados, os resultados das metodologias adotadas, as dificuldades e resultados alcançados. São apresentados os direcionamentos e propostas para trabalhos futuros e a continuação do gerenciamento energético eficiente.

O trabalho é finalizado com a apresentação dos **apêndices** e de **anexos**, como os relatórios fornecidos pelo sistema de gerenciamento de energia, fotos e planilhas de levantamento de dados, bem como os dados de maior relevância.

## 2 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

### 2.1 Introdução

Em 2001, o Brasil vivenciou uma crise de abastecimento no setor elétrico. Duas conseqüências positivas sobressaíram desta crise: a forte participação da sociedade na busca da solução e a valorização da eficiência no uso de energia.

Em decorrência desse processo involuntário de aprendizagem, vem-se formando uma consciência de que a eficiência energética não pode estar vinculada apenas às questões conjunturais.

Deve, sim, fazer parte, de forma definitiva, da política energética nacional, mediante a promoção de medidas que permitam agregar valor às iniciativas já em andamento no País, o desenvolvimento de produtos e processos mais eficientes e a intensificação de programas que levem à mudança de hábitos de consumo (ECONOMIA & ENERGIA – 1998).

A energia é um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. A racionalização de seu uso apresenta-se como alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação. Em alguns casos, significativas economias podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente.

Dentre os aspectos econômicos envolvidos na atividade de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa. Hoje, o mercado está cada vez mais orientado a dar preferência aos produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente.

Uma empresa que deseja alcançar uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável.

É necessário, pois, incentivar todos os empregados a obter o produto ou serviço com a melhor qualidade possível e o menor consumo de energia (BISTERSO – 2001).

Para ter-se um excelente gerenciamento energético são necessários dados e informações gerenciais confiáveis sobre o perfil de consumo da unidade estudada, bem como sobre todos os parâmetros elétricos medidos e utilizados para composição da conta de energia elétrica.

## 2.2 Consumo de energia elétrica

A energia elétrica no cotidiano tornou-se um bem mais que necessário à rotina diária. Desde que se acorda, com o toque de um despertador, até o banho matinal sempre se utiliza a energia elétrica como parceiro (DEPRETER – 1998).

O gerenciamento energético eficiente pode trazer benefícios, dessa rotina diária, notada já em uma primeira análise, pelo valor pago pela energia consumida.

O valor pago tem dois fundamentos básicos:

- **A potência unitária de um equipamento;**
- **O tempo de funcionamento do equipamento.**

Logo, tem-se a primeira equação do consumo de energia:

$$\text{Energia} = \text{potência} \times \text{tempo} \text{ [kWh]} \quad (2.1)$$

Com base nesta primeira equação, questiona-se:

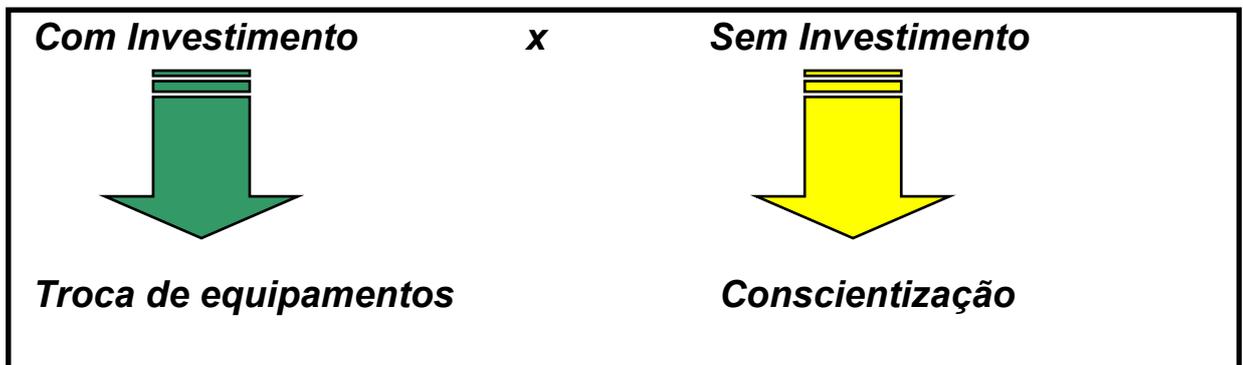
**Como otimizar o consumo de energia e reduzir os custos de produção?**

A pergunta tem sua resposta no simples fato que a equação principal do gerenciamento energético eficiente é a potência dos equipamentos e seu tempo de funcionamento, conforme **equação 2.1**. (PROCEL – 2005d).

Logo, há duas alternativas: **ou diminui-se a potência dos equipamentos, ou o seu tempo de funcionamento.**

Estas alternativas apresentam resultados ainda mais significativos, quando existe a possibilidade de investimentos e a utilização de novas tecnologias disponíveis no mercado.

Pelo diagrama abaixo, **figura 2.1**, pode-se exemplificar tais alternativas:



**Figura 2.1** – Diagrama de como economizar – Curso eficiência energética - CEMIG - 2006.

Os investimentos necessitam de uma abordagem técnica e consciente sobre os reais resultados a serem alcançados. Estes resultados devem ser acompanhados por uma metodologia de medição e verificação das grandezas elétricas e operacionais dos equipamentos e investimentos (CEMIG -2003).

### 2.3 Eficiência energética

A eficiência energética representa a capacidade de transformação da menor quantidade de energia para a geração da máxima quantidade de trabalho possível.

Esta eficiência está diretamente ligada ao perfil de consumo nas diversas áreas de uma empresa, na iluminação, acionamento de motores, sistemas de condicionamento de ar, afinal, em todos os equipamentos consumidores de energia.

O tema gerenciamento energético, em qualquer instalação, requer o pleno conhecimento dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de utilização da instalação, dos mecanismos de aquisição de energia e da experiência dos usuários e técnicos da instalação.

A implementação de medidas individuais, não coordenadas e não integradas a uma visão global de todo o consumo de energia da instalação, pode não produzir os resultados esperados e comprometer a participação de todos os envolvidos com o programa de gerenciamento energético eficiente.

Por isto, o primeiro passo consiste em conhecer a energia elétrica consumida e em acompanhar o custo e o consumo de energia elétrica, por produto e serviço produzido, mantendo um registro histórico da instalação (HANSEN – 1998).

Os dados oferecidos pela conta de energia mensal têm, como espaço temporal, o período de cerca de 30 dias, o que dificulta muito o conhecimento do perfil de consumo de sua instalação.

Na **figura 2.2**, é apresentada uma conta de energia elétrica de uma empresa, com todos os parâmetros e valores do consumo, perfil e valor total de sua energia.

O uso do sistema de monitoramento da energia, junto à medição da concessionária, permite quase que de imediato, a determinação da curva de carga típica da unidade estudada.

Este monitoramento oferece todos os parâmetros para a análise do consumo, oferecendo como espaço de amostra, não mais o período mensal mas, o período de 15 em 15 minutos e, simultâneo, com o consumo real da instalação.

SEU NOME		00000/00-00-0000-0		PROX. LEITURA PREVISTA		MÊS/ANO		IDENTIFICADOR				
ENDEREÇO DE APRESENTAÇÃO DA NF/CONTA		MUNICÍPIO		06/11		OUT/2006		00000000				
SEU ENDEREÇO DE ENTREGA		SUA CIDADE		LEIT. ANTERIOR		LEIT. ATUAL		EMISSÃO				
Endereço da Unidade Consumidora		Município		05/09		05/10		06/10/2006				
Seu Endereço de Consumo		Sua Cidade		CLASSIFICAÇÃO		RAMO DE ATIVIDADE		PERÍODO DO ANO				
C.N.P.J.		INSC. ESTADUAL		4-25-0-54		Rural		Seco				
00.000.000/0000-00		000.000000.0000		MODALIDADE TARIFÁRIA		TMS Azul						
Contrato de Fornecimento: XX/XX-0000/00 DE 00/00/00				Termo Aditivo: 00/000X0 000/000								
DADOS DE MEDIÇÃO												
Grandezas	Consumo em kWh			Demanda em kW			Energia Reativa - UR (kVArh)			Demanda Máx. Corr. Registrada (DMCR)		
	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno
Leitura Anterior	624	81	1685	8,10	6,84	8,10	112	8	47	9,14	1,63	
Leitura Atual	1009	102	2069	10,54	8,45	10,54	118	9	49	11,68	2,99	
Registrado	85.710	3.216	92.004	600	396		1.476	246	492	624	415	
Acréscimo/Dedução	9000	1.950										
Estimado												
Contratado				530	350							
Ultrapassagem				70	46							
MEDIDOR kW-kWh/kWh		Cf. kW		Cf. kWh/UFER/DMCR		Cf. kWh		F. PC		DAS		
XXX000000000		240		240				0,432		0,865		120 10 2,50
VALORES DE FATURAMENTO												
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA C/ICMS R\$	VALORES EM R\$	ALÍQUOTA ICMS								
Demanda HFP	530 kW	13,699101 /kW	7.260,52	12%								
Demanda HP	350 kW	46,432407 /kW	16.251,34	12%								
Ultrapassagem HFP	70 kW	45,663637 /kW	3.196,46	12%								
Ultrapassagem HP	46 kW	154,774578 / kW	7.119,63	12%								
Demanda reativa HFP	24 kW	13,699101 /kW	328,77	12%								
Demanda reativa HP	19 kW	46,432407 /kW	882,21	12%								
Consumo HFP	85.710 kWh	158,029000/1000 kWh	13.544,66	12%								
Consumo HP	3.216 kWh	260,627302/1000 kWh	838,17	12%								
Consumo Noturno	92.004 kWh	35,118000/1000 kWh	3.230,99	12%								
Energia reativa HFP	1.476 kWh	158,029000/1000 kWh	233,25	12%								
Energia reativa HP	246 kWh	260,627302/1000 kWh	64,11	12%								
Energia reativa Noturno	492 kWh	35,118000/1000 kWh	17,27	12%								
<b>IMPORTE TOTAL</b>			<b>52.967,37</b>									
Contribuição para o Custeio da Iluminação Pública			21,43									
Multa de 2% referente à(s) conta(s): 09/2006			642,54									
<b>VALOR PASEP: R\$ 678,68</b>			<b>VALOR</b>									
Reservado ao Fisco			0000.XXXX...0000.XXXX.0000.XXXX.0000.XXXX									
Base Cálculo - ICMS		Valor - ICMS em R\$		VENCIMENTO		VALOR A PAGAR EM R\$						
52.967,37		6.323,68		16/10/2006		53.931,61						
INFORMAÇÕES AO CONSUMIDOR												
Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica em SUA CIDADE, na Região de Distribuição de REG. DISTR. SUA REGIÃO, no mês de AGO/2006. Nesta Unidade Consumidora específica, os valores apurados foram: DIC = 0,00, FIC = 0,00 e DMIC = 0,00, sendo os limites destes índices individuais de 35,00 (DIC), 28 (FIC) e 18,00 (DMIC).												
Informações sobre as Condições Gerais de Fornecimento, Tarifas, Produtos, Serviços Prestados e Impostos se encontram à disposição dos consumidores, para consulta, em nossos escritórios. O valor desta Nota Fiscal está sujeito às penalidades legais vigentes, após o vencimento. O cheque devolvido torna sem valor a quitação desta conta. O pagamento desta NF/Conta não quita débitos anteriores.												

Figura 2.2 – Conta de média e alta tensão - CEMIG - 2006.

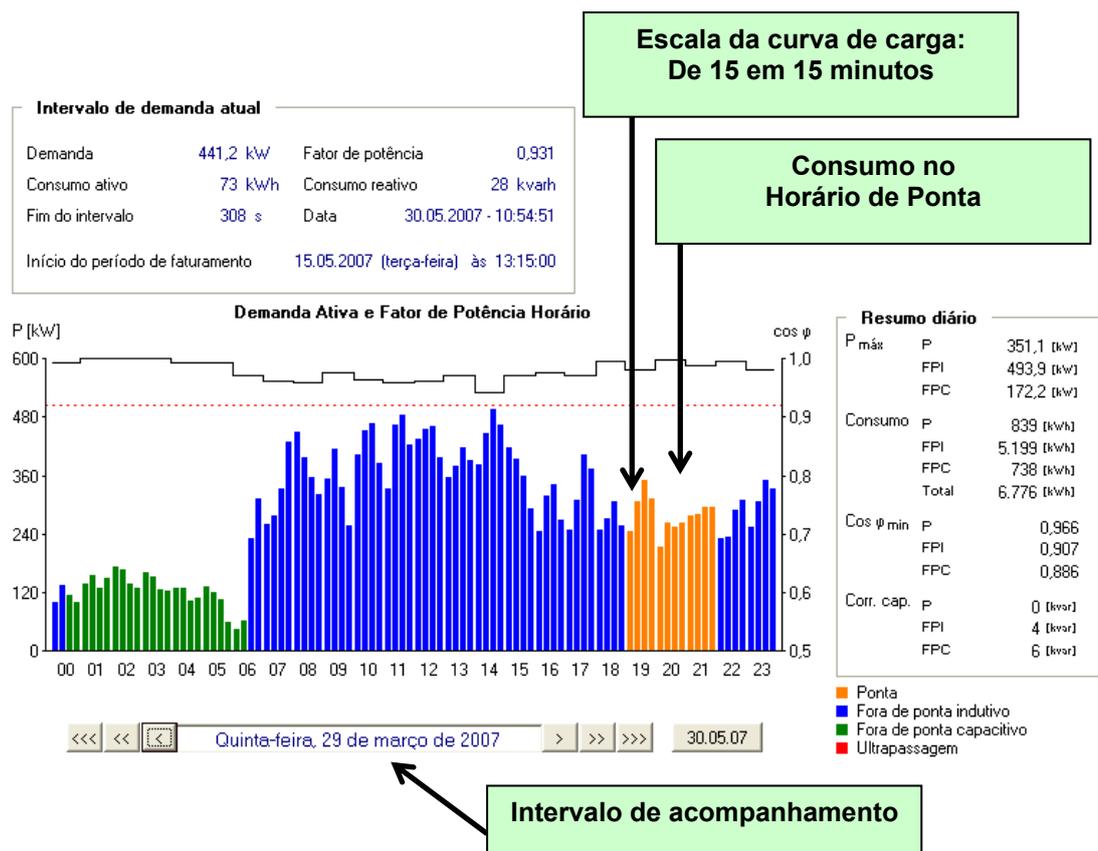
A gestão energética de uma instalação ou de um grupo de instalações compreende as seguintes medidas:

- Conhecer as informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos;
- Levantar os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável, e as possibilidades de economia de energia;
- Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores

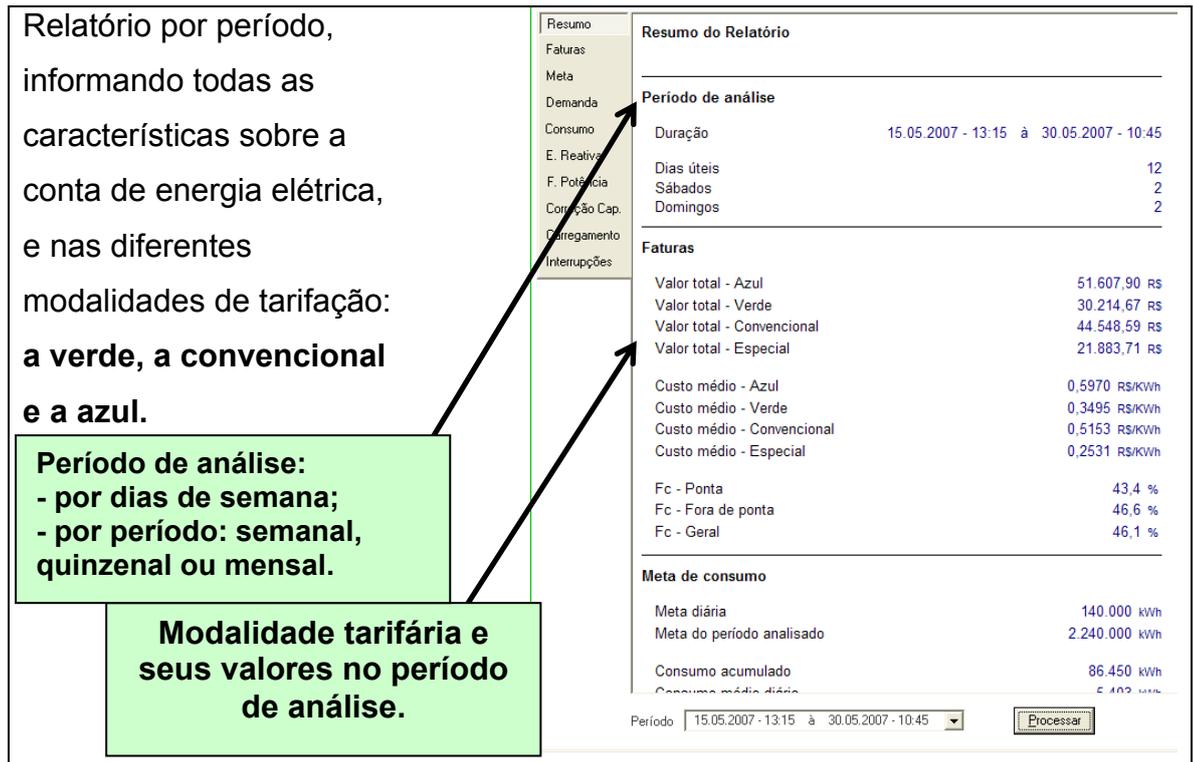
contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação;

- Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

As **figuras 2.3 e 2.4** retratam as informações do sistema de gerenciamento de energia e seus parâmetros e itens de informação sobre o consumidor.



**Figura 2.3** – Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia - Ano 2007.



**Figura 2.4** – Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia – Relatório por período - Ano 2007.

## 2.4 Potenciais de eficiência energética

É urgente aprimorar o conhecimento quantitativo do uso da energia e das estimativas de potencial de economia, aliados a um controle sistemático de medição e verificação das metas alcançadas.

Este conhecimento serve, tanto para fundamentar políticas de Gerenciamento Energético Eficiente da Energia, quanto para facilitar estratégias de conscientização de uma empresa e o gerenciamento pelo lado do consumidor.

A análise inicia-se pelos diversos tipos presentes de potencial de economia energética, com finalidades diferentes:

- **Potencial Teórico:** representa a possibilidade geral da substituição individualizada de um ou alguns equipamentos pouco eficientes por novas tecnologias;
- **Potencial Técnico:** representa as economias resultantes da implementação de tecnologias mais eficientes em energia disponível comercialmente, em uma determinada época;
- **Potencial Econômico:** representa as economias contabilizadas de demanda e energia resultantes, durante cada ano, até o horizonte da análise, se todas as reposições e *retrofits* contemplassem o uso de tecnologias mais eficientes.

Os custos iniciais do investimento e custos operacionais, para as várias alternativas propostas, devem ser confrontados e registrados.

O acompanhamento do retorno financeiro é essencial para a análise destas alternativas e sua credibilidade.

- **Potencial Social:** representa os ganhos economicamente viáveis e não contabilizados como: impactos ambientais, maior segurança, conforto ambiental, satisfação no trabalho, produtividade e qualidade dos serviços;
- **Potencial Tendencial:** representa as diferenças entre os valores estimados economicamente e os realmente alcançados no mesmo horizonte. Este potencial baseia-se na comparação do potencial técnico, econômico e social, com os índices alcançados, no âmbito do custo global dos insumos energéticos.

Este potencial para aumentar a eficiência energética, no tempo, é complexo e sujeito a uma periódica medição e verificação dos resultados.

Por este motivo, é necessário que se tenha um Gerenciamento Energético Eficiente de todos os resultados e seu monitoramento constante e contínuo.

Tem-se, então, uma nova diretriz a ser alcançada, a de contabilizar o pagamento dos investimentos iniciais e informações sobre os níveis de eficiência e a penetração das tecnologias eficientes em energia.

Este acompanhamento histórico da instalação, com os registros na forma de medições e verificações, é fundamental para consolidar o processo de eficiência energética e manter a Gestão Energética permanente.

A conscientização gradativa e evolutiva, de todos os agentes envolvidos, como administração, empregados e prestadores de serviços são essenciais para o sucesso desta gestão.

## 2.5 Sistemas de medição de energia elétrica

### 2.5.1 Conceitos

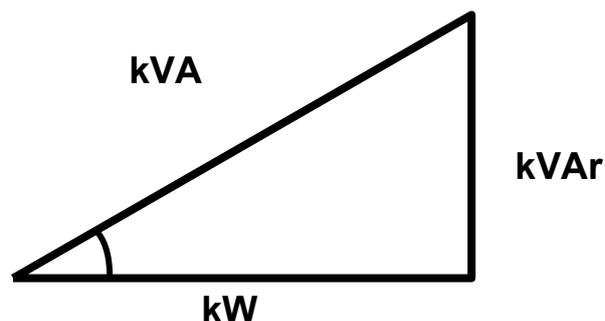
**Energia ativa:** É a energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt hora (kWh).

**Energia reativa:** É a energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e campos eletrostáticos e que não produz trabalho. A unidade de medida usada é o quilovar hora (kVAh).

Ela é a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada. Não produz trabalho e não é transformada em outras formas de energia.

A energia elétrica ativa e a reativa juntas constituem a energia aparente, que é a energia total transmitida à carga.

**Energia aparente:** É a energia resultante da média quadrática, das energias ativa e reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece ao Consumidor (kVA), **figura 2.5**.



**Figura 2.5** – Triângulo de potência.

**Potência:** É a quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW).

**Demanda:** É a potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos. É a média da potência elétrica ativa solicitada ao sistema de energia elétrica pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

Esta demanda pode ser calculada, dividindo-se a energia elétrica absorvida pela carga (instalação) em certo intervalo de tempo (consumo), por este intervalo de tempo (PROCEL – 2005a).

Os medidores no Brasil operam com intervalo de tempo igual a 15 minutos (Decreto no 62.724 de maio de 1968).

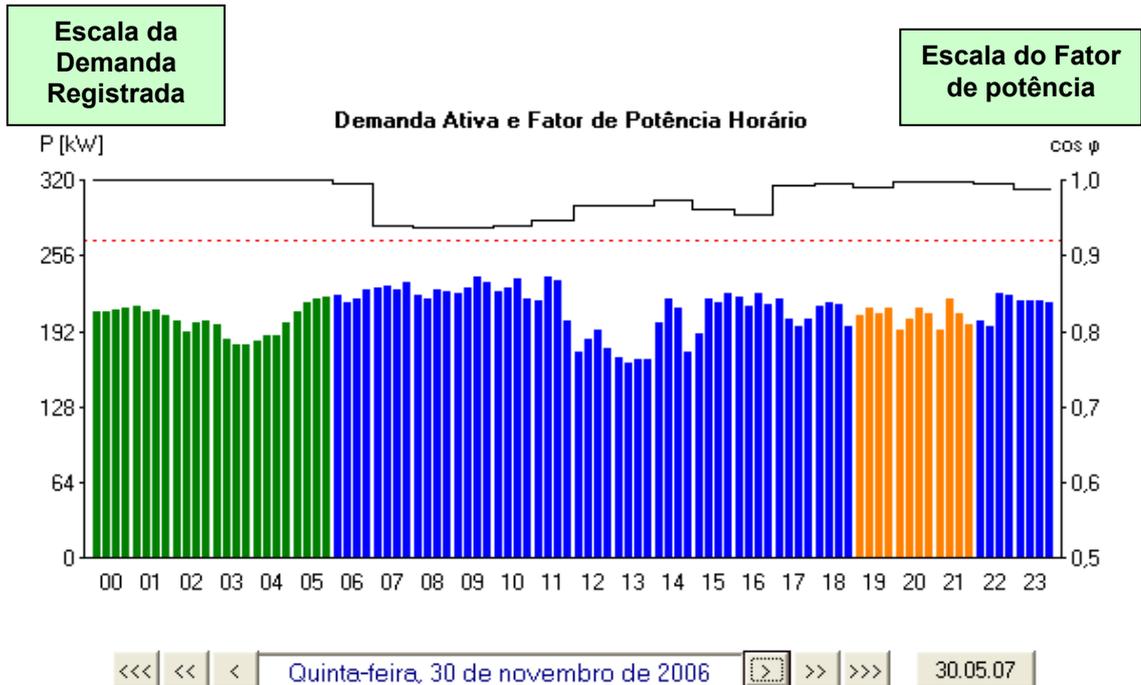
**Demanda contratada:** Demanda a ser, obrigatória e continuamente, colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato.

**Carga instalada:** Soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária.

**Fator de carga:** Relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido.

**Curva de carga:** A curva de carga, **figura 2.6**, mostra como a energia elétrica é utilizada, por exemplo, ao longo de um dia. Normalmente, utilizam-se curvas de carga para “dias” típicos. Quanto mais uniforme for a curva de carga, mais próxima estará a demanda máxima da demanda média e, por consequência, a energia estará sendo utilizada de forma mais adequada, sob o ponto de vista de distribuição de carga ao longo do dia.

Quando ambas as demandas se igualam, tem-se uma curva de carga igual a uma reta paralela ao eixo das abscissas. Cada consumidor possui, no entanto, uma curva de carga diferenciada.



**Figura 2.6** – Curva de carga ideal - Tela de acompanhamento do sistema de gerenciamento de energia - Ano 2006.

**Fator de potência (FP):** Relação entre energia ativa e aparente horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição.

**Tarifa de demanda:** Valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal.

**Tarifa de consumo:** Valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal.

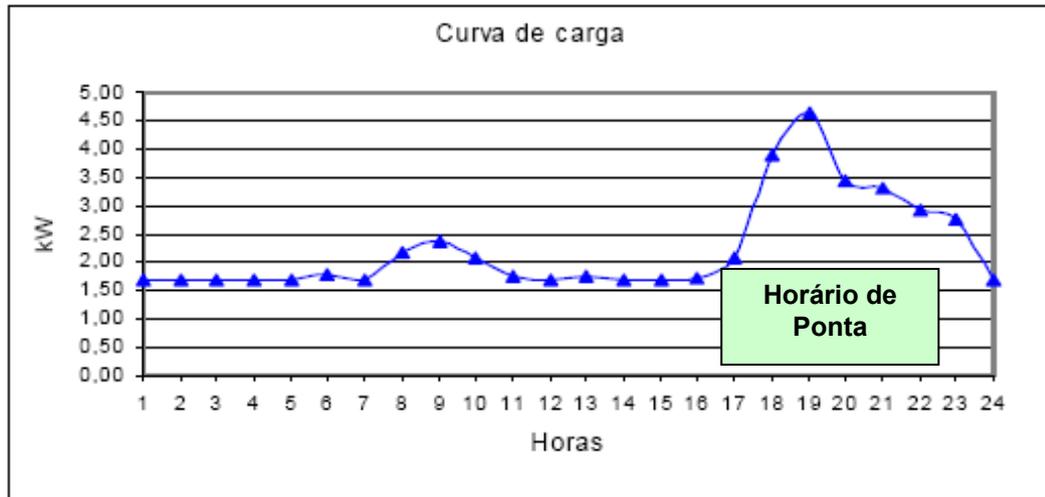
**Tarifa de ultrapassagem:** Tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância.

**Horário de ponta (HP):** Período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17 h e 22 h, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, Sexta-Feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. No Horário de Ponta (HP) a energia elétrica é mais cara.

**Horário fora de ponta (HFP):** São as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da

totalidade das horas dos sábados e domingos e dos onze feriados indicados. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata.

**Curva de Carga do Sistema:** A curva de carga do sistema elétrico para um dia típico apresenta o perfil mostrado na **Figura 2.7**.



**Figura 2.7** – Central de monitoramento de energia Cemig - Ano 2006.

O horário de ponta representa o período do dia em que o sistema demanda mais carga.

Considerando que o sistema elétrico é dimensionado para atender à carga máxima, verifica-se que para atender a uma nova carga no **HP**, a concessionária teria de investir e aumentar a sua capacidade apenas neste período, ao passo que para uma nova carga no **HFP** não seria necessário nenhum novo investimento.

### **2.5.2 Como a energia elétrica é medida**

A energia elétrica, através da medição da concessionária, é feita utilizando sistemas digitais para consumidores de média e alta tensão, e medidores analógicos para os demais consumidores.

Os medidores analógicos e digitais têm como objetivo registrar basicamente a energia ativa consumida por toda a instalação em um determinado intervalo de tempo (CEMIG – 2003).

$$\text{Consumo (kWh)} = P \text{ (kW)} \times t \text{ (h)} \quad (2.2)$$

Esta grandeza efetivamente realiza trabalho, ou seja, transforma a energia elétrica em outras formas de energia, tais como: energia luminosa (lâmpadas), energia mecânica (motores), energia térmica (fornos e chuveiros), etc.

Na conta de energia elétrica ela aparece sob a denominação de consumo. É a quantidade de energia elétrica ativa, expressa em kWh, utilizada durante um período de 30 dias ou 730 horas/mês (este período pode variar de 27 a 33 dias).

### **2.5.3 Tarifas de energia elétrica**

A estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e / ou à demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento de energia.

Até 1981, o único sistema utilizado, denominado sistema convencional, não permitia que o consumidor percebesse os reflexos decorrentes da forma

de se utilizar eletricidade e não havia diferenciação de preços, segundo a sua utilização durante as horas do dia e períodos do ano.

Hoje, com a modalidade do **sistema tarifário horo-sazonal** existe a possibilidade de aplicação de preços diferenciados de demanda e consumo, de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido).

As tarifas variam de acordo com os níveis de tensão de fornecimento, no caso do **Grupo A** e, com a classificação do consumidor no caso do **Grupo B** (indústria, comércio, serviços, residências, etc.).

Para fins de faturamento os consumidores são subdivididos em função da tensão de fornecimento.

### **Grupo B - Baixa Tensão**

Os consumidores pertencentes a este grupo:

- São atendidos em tensão menor que 2.300V (as mais usuais, em 220/127 V e 380/220 V);
- São faturados apenas pelo consumo, ou seja, pagam apenas pelo kWh utilizado;
- São subdivididos de acordo com as classes: Residencial, Rural, Edificações Públicas - sem ICMS.

### **Grupo A - Alta Tensão**

Os consumidores pertencentes a este grupo:

- São atendidos em tensão maior ou igual a 2.300V, ou ainda, em tensão inferior a 2.300V a partir de sistema subterrâneo de distribuição, **tabela 2.1**.

São subdivididos em 6 subgrupos:

**Tabela 2.1**

*Tabela: Grupo de Tensão atendido pela Cemig.*

<b>Subgrupo</b>	<b>Tensão de Fornecimento</b>
<b>A1</b>	230kV ou mais
<b>A2</b>	88 a 138kV
<b>A3</b>	68kV
<b>A3a</b>	30 a 44kV
<b>A4</b>	2,3 a 25kV
<b>As</b>	Subterrânea

*Fonte: Cemig 2006.*

O faturamento é baseado no consumo (kWh) e na demanda (kW). Este grupo possui três tipos de tarifas diferenciadas, sendo elas: **convencional, azul e verde** (PROCEL – 2005d).

As tarifas azul e verde são tarifas horo-sazonais e têm por objetivo orientar o uso da energia para horários do dia onde existe uma maior disponibilidade de energia, ou seja, o horário fora de ponta.

#### **2.5.4 Horário de ponta e fora de ponta**

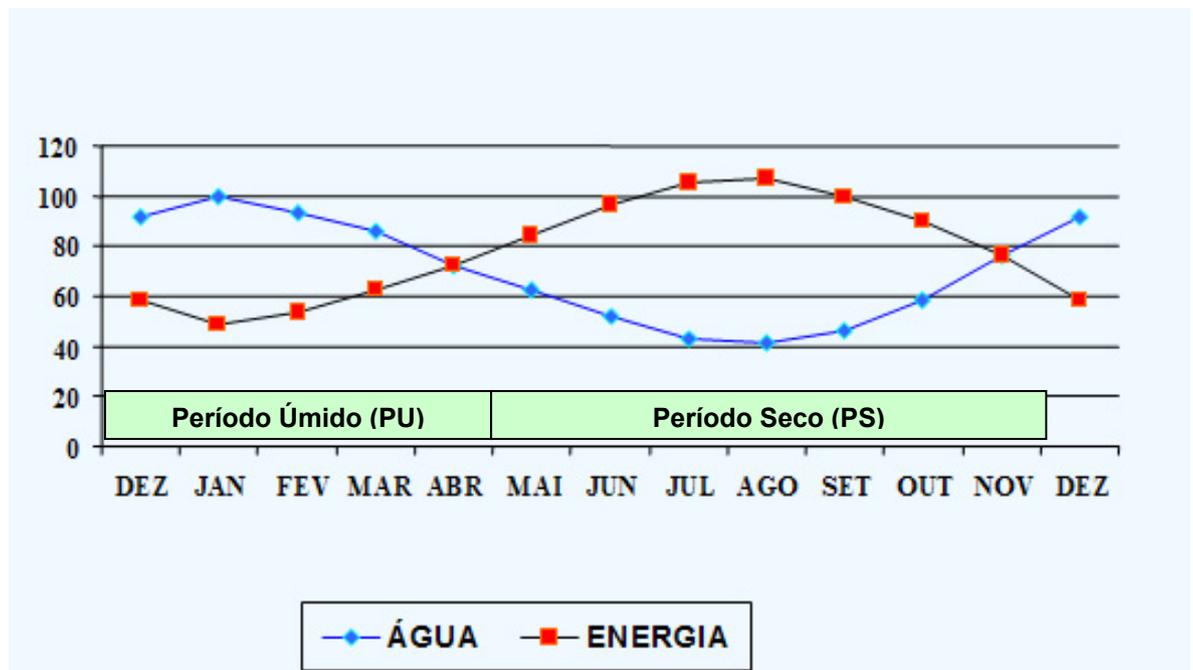
O **horário de ponta (HP)** é o período definido pela concessionária e composto por **3 (três) horas diárias consecutivas**, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico.

O **horário de fora de ponta (HFP)** é o período composto pelo conjunto de horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

### 2.5.5 Períodos: seco e úmido

O **Período seco (PS)** é composto de sete meses consecutivos de maio a novembro, correspondendo ao período em que a disponibilidade de água é mínima, como ilustrado na **figura 2.8**.

O **Período úmido (PU)** é composto de cinco meses consecutivos, de dezembro de um ano a abril do ano seguinte, sendo o período de maior precipitação pluviométrica.



**Figura 2.8** – Consumo de energia elétrica x Volume de água nos reservatórios das Usinas.

### 2.5.6 Tarifas horo-sazonais

São tarifas de energia elétrica com preços diferenciados, de acordo com a sua utilização durante as horas do dia e períodos do ano. Esta diferenciação de preços visa **reduzir os custos de fornecimento da energia entregue ao consumidor**, decorrentes da otimização do sistema elétrico nacional. Elas permitem ao consumidor diminuir suas despesas, desde que consiga programar o seu uso.

Essa redução poderá ser obtida evitando-se o horário de ponta e/ou deslocando-se o consumo para determinados meses do ano.

### **2.5.6 Enquadramento tarifário das empresas**

Empresas com tensão de fornecimento:

- **Inferiores a 69 kV** e com demanda de 30 kW a 299 kW, podem optar por: tarifa convencional, tarifa horo-sazonal verde ou horo-sazonal azul;
- **Inferior a 69 kV** e com demanda igual ou superior a 300 kW, podem optar por: tarifa horo-sazonal verde ou horo-sazonal azul;
- **Igual ou maior que 69 kV**, são enquadradas obrigatoriamente na tarifa horo-sazonal azul.

#### **TARIFA CONVENCIONAL**

É aplicada às unidades consumidoras do grupo A, atendidas em tensão inferior a 69kV e com demanda inferior a 299kW.

A demanda é faturada pelo **maior dos seguintes valores**:

- Maior demanda média, de 15 minutos, verificada por medição durante o período de faturamento;
- 85% da maior demanda verificada em qualquer dos últimos 11 meses anteriores;
- Demanda contratada, quando houver.

Na tarifa convencional não ocorre à aplicação de tarifa de ultrapassagem, no entanto, a ocorrência de demanda muito superior ao

normal refletirá nos últimos 11 meses seguintes, através do faturamento de no mínimo 85% daquele valor.

A tarifa convencional independe da hora do dia e do período do ano em que a energia for utilizada.

É mais conveniente para empresas:

- Que operam sob regime de encomenda;
- Que utilizam processo contínuo de produção ou prestação de serviço, sem possibilidade de modulação;
- Também é indicada para empresas cuja maior demanda de energia elétrica ocorre no horário de ponta (exemplo: empresas agrícolas e siderúrgicas).

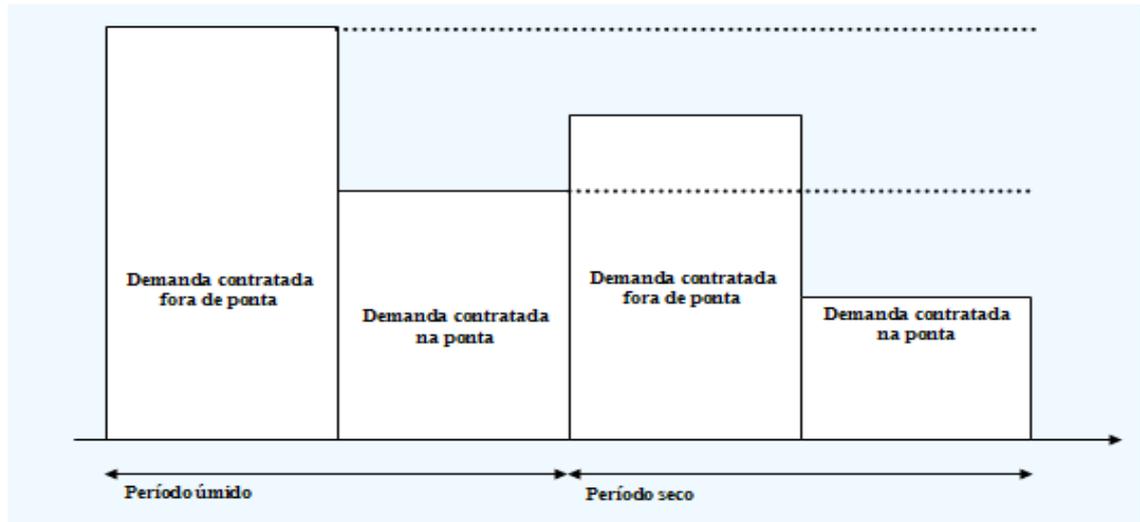
## **TARIFA HORO-SAZONAL AZUL**

É aplicada às unidades consumidoras do grupo A, que apresentem as seguintes condições:

- São atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 69kV;
- São atendidas em tensão inferior a 69kV, possuindo, no entanto demanda superior a 300kW;
- Em caráter opcional, aquelas unidades que possuam demanda inferior a 300kW.

A tarifa azul compreende quatro preços para consumo (ponta úmida, ponta seca, fora de ponta úmida e fora de ponta seca).

Em relação às demandas, devem ser observadas as seguintes condições, **figura 2.9**:



**Figura 2.9** – Tarifa Horo-sazonal Azul.

Na hipótese dos valores de demandas medidas serem superiores aos contratados será aplicada a **tarifa de ultrapassagem**. Entretanto, esta não será aplicada se não forem superados os limites de tolerância especificados abaixo:

- 5% para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69kV;
- 10% para unidade consumidora atendida em tensão inferior a 69kV e, se no mês do faturamento, a demanda contratada para o segmento fora de ponta for superior a 100kW;
- 20% para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69kV e, se no mês do faturamento, a demanda contratada para o segmento fora de ponta for de 50 a 100kW.

Superados esses limites, será efetuada a cobrança da tarifa de ultrapassagem em toda parcela que exceder a respectiva demanda contratada.

O critério para a definição da demanda a ser faturada mensalmente será o da escolha do maior valor dentre aqueles definidos a seguir:

- A demanda contratada em cada segmento horo-sazonal;

- A maior potência média de 15 minutos, verificada por medição em cada segmento horo-sazonal, durante o ciclo de faturamento.

## TARIFA HORO-SAZONAL VERDE

É aplicada, sempre por opção, às unidades consumidoras do grupo A atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69kV, com demanda a partir de 300kW.

A tarifa verde compreende um **único preço para a demanda e quatro preços sobre o consumo**, para os mesmos segmentos anteriormente especificados na tarifa azul.

Se os valores das demandas medidas forem superiores aos contratados, tem-se, também, a aplicação da **tarifa de ultrapassagem**. Assim como na azul, a tarifa de ultrapassagem não será aplicada se não forem superados os limites de tolerância especificados a seguir.

- 10% para unidade consumidora atendida em tensão inferior a 69kV e, se no mês do faturamento, a demanda contratada for superior a 100kW;
- 20% para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69kV e, se no mês do faturamento, a demanda contratada for de 50 a 100kW.

Caso esses limites sejam superados, tem-se a aplicação da tarifa de ultrapassagem. O critério para a definição da demanda a ser faturada mensalmente será a escolha do maior valor dentre os definidos a seguir:

- Demanda contratada;
- A maior demanda média, de 15 minutos, verificada por medição durante o ciclo de faturamento.

Esta tarifa é ideal para empresas:

- Que podem reduzir a demanda de potência e o consumo de energia no horário de ponta;

- Que têm todo o funcionamento fora do horário de ponta;
- Que têm toda a produção operando fora do horário de ponta e a parte administrativa funcionando no horário de ponta, e;
- Para empresas que operam a produção apenas no horário fora de ponta, mas permanecem com a parte administrativa e algumas cargas em operação no horário de ponta (exemplo: indústria petroquímica e indústrias de calçados).

### 2.5.8 Fator de carga

A curva de carga mostra como a energia elétrica é utilizada, por exemplo, ao longo de um dia. Normalmente, utilizam-se curvas de carga para “dias” típicos. Quanto mais uniforme for a curva de carga, mais próxima estará a demanda máxima da demanda média e, por consequência, a energia estará sendo utilizada de forma adequada sob o ponto de vista de distribuição de carga ao longo do dia (TOLEDO – 1995).

Quando ambas as demandas se igualam, tem-se uma curva de carga igual a uma reta paralela ao eixo das abscissas.

Fator de carga é um **parâmetro elétrico** definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima no período de medição

#### **Equação 2.3.**

Este fator fornece uma boa indicação da **forma com que a energia está sendo utilizada**. Quanto maior a demanda máxima em relação à média, menor será o fator de carga. O ideal seria ter o fator de carga igual à unidade.

$$FC = \frac{D_{média}}{D_{máx}} = \frac{\frac{Energia(kWh)}{tempo(h)}}{D_{máx}(kW)} = \frac{Energia(kWh)}{D_{máx}(kW)tempo(h)} \quad (2.3)$$

**Demanda máxima (Dmax):** demanda média, de 15 minutos, de maior valor verificada durante certo período (diário, mensal, anual, etc.).

**Demanda média (Dmed):** relação entre a quantidade de energia elétrica consumida durante certo período de tempo e o número de horas desse período, **figura 2.10**. Se o consumo for constante, a demanda média é igual à demanda máxima.

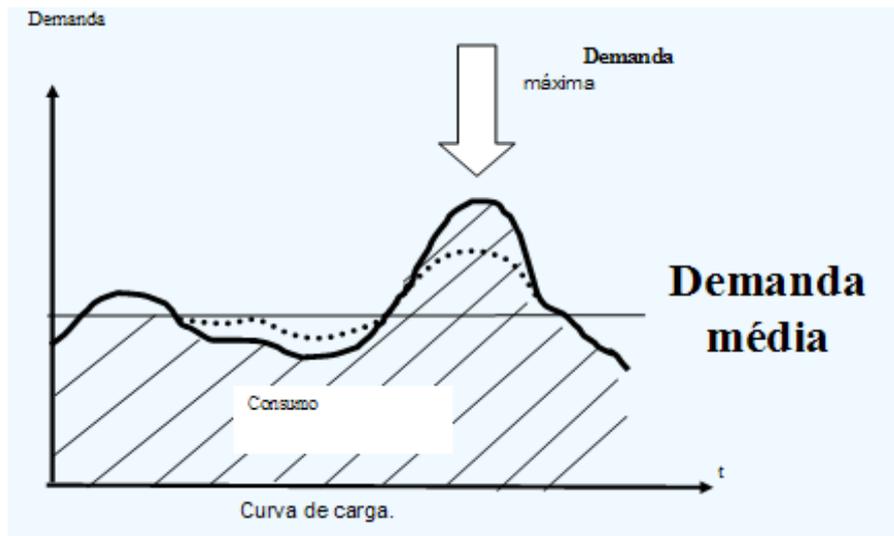


Figura 2.10 – Gráfico da curva de carga com demanda máxima.

### Manter a demanda máxima e aumentar o consumo

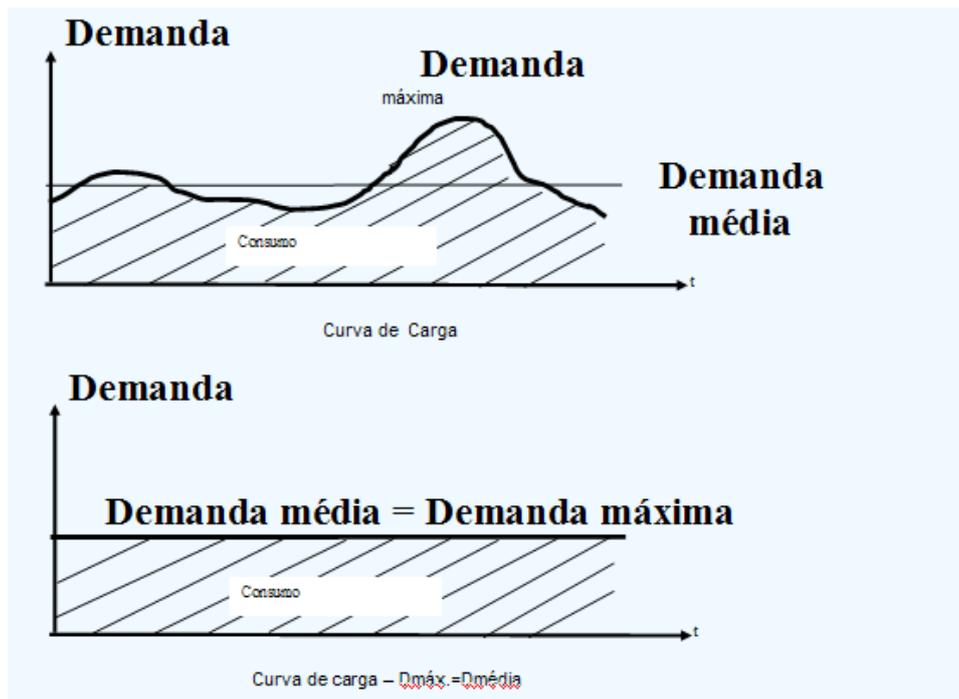
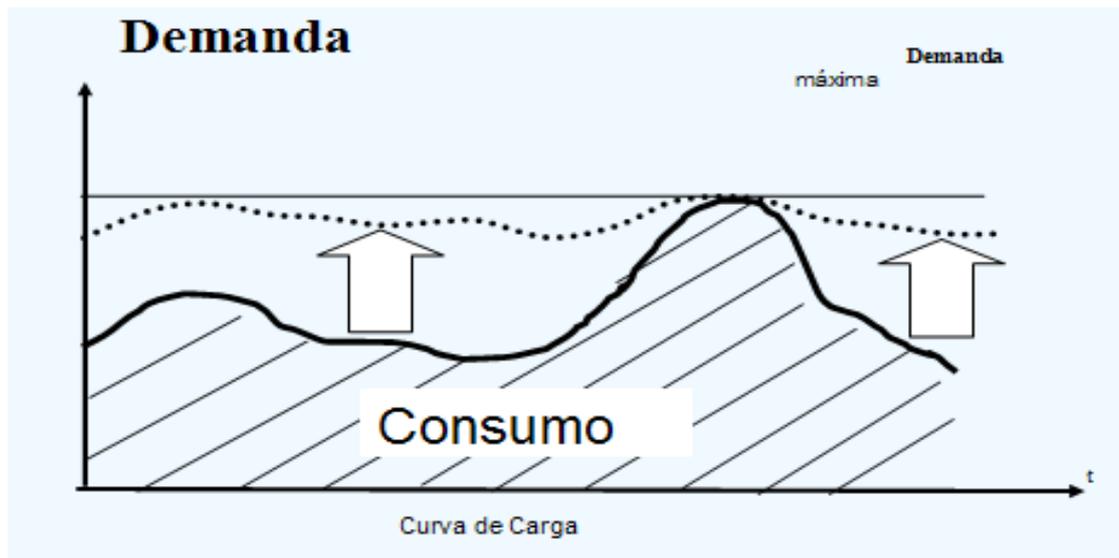


Figura 2.11 – Gráfico da curva de carga com demanda máxima e média e aproximação da demanda máxima para a média – Uso do Gerenciador de demanda.

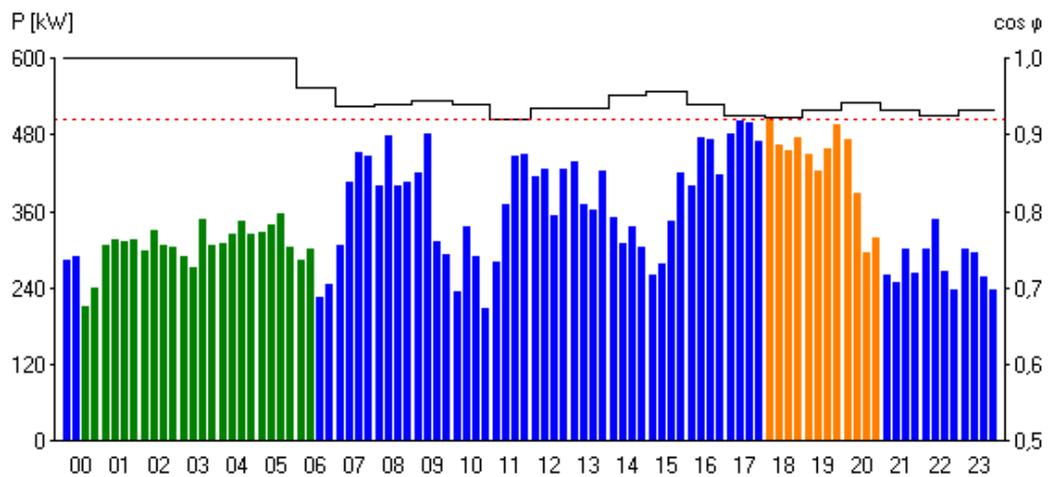
Para melhorar o fator de carga deve-se adotar os seguintes critérios:

- **Mantendo o consumo e diminuindo a demanda máxima.** Quando a demanda máxima for igual à média tem-se o **Fator de Carga = 1**.

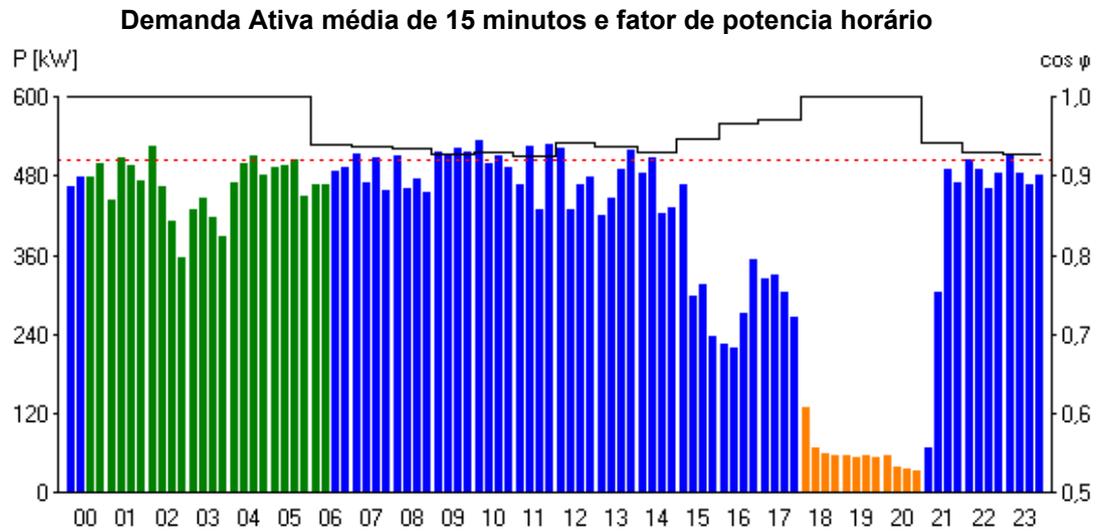


**Figura 2.12** – Gráfico da curva de carga com demanda média e aproximação para a demanda máxima.

#### Demanda Ativa média de 15 minutos e fator de potencia horário



**Figura 2.13** – Gráfico da curva de carga exemplo a ser otimizado.



**Figura 2.14** – Gráfico da curva de carga ideal, planejada pelo monitoramento.

### 2.5.9 Preço médio

O Preço Médio de Energia pode ser calculado pela equação:

$$PMe = \frac{ValordaFatura(R\$)}{ConsumoTotal(kWh)} \quad (2.4)$$

Observações:

- Em baixa tensão, o Preço Médio de Energia é a própria tarifa, pois, este tipo de consumidor é faturado apenas pelo consumo;
- Em média tensão (alta tensão) o Preço Médio de Energia é diferente da tarifa, pois, este tipo de consumidor é faturado pelo consumo e pela demanda.

### **2.5.10 Consumo específico**

O consumo específico é um índice que indica o total de energia consumida para o processamento completo de determinado produto ou para a prestação de um serviço. É um dos parâmetros de maior importância em estudos que envolvem o gerenciamento energético nas empresas.

A importância da identificação do consumo específico, ou dos consumos específicos, prende-se ao fato de tratar-se de um índice que facilita a comparação com outras unidades ou empresas, o que permite a apuração das economias e resultados. A busca por um menor consumo específico, por meio da implementação de ações voltadas para o uso racional de energia, deve ser uma preocupação permanente na gestão energética e do gerenciamento da energia (PROCEL – 2005d).

Para explicar a necessidade da identificação do consumo específico, pode-se usar a analogia com o consumo de combustível por um veículo. Quando deseja controlar o consumo de combustível do seu carro, o proprietário não deve verificar o consumo total de litros por mês, mas sim quantos km/l (quilômetros por litro) o veículo está desenvolvendo.

Muitas variáveis influenciam no consumo: quantos quilômetros foram percorridos na estrada e dentro da cidade, se o ar-condicionado foi ou não utilizado, quantos passageiros o carro transportou, etc.

De maneira análoga deve ser feito o acompanhamento do consumo de energia elétrica (kWh). Muitas variáveis influenciam no consumo de energia elétrica: o intervalo de leituras do medidor de energia elétrica pode variar, o clima, férias, novos equipamentos que são ligados, paradas programadas ou não, variação de produção, etc.

Da mesma maneira que não faz sentido acompanhar o consumo de combustível de um veículo simplesmente pelos litros que ele consumiu também não faz sentido acompanhar o consumo de energia elétrica (kWh) pelo consumo mensal registrado (informado em sua fatura).

O consumo específico da maioria das unidades consumidoras do setor comercial / serviços é obtido dividindo-se o consumo total (kWh) pelo número de dias realmente trabalhados no intervalo de leitura (kWh / dias trabalhados). Nesse caso, ele serve para demonstrar quanta energia elétrica é realmente utilizada para proporcionar um dia de trabalho da instalação. Alguns segmentos desse setor (comercial) possuem outros tipos de consumo específicos.

No setor industrial, geralmente, o consumo específico é medido pela relação entre o consumo e o que está sendo produzido.

Por exemplo, uma indústria consumiu 10.000 kWh para produzir 8 toneladas de um produto A e 3 toneladas de um produto B. O importante é descobrir quanto de energia elétrica foi utilizado para produzir A e B. Supondo que, depois de realizado o rateio de energia elétrica, chegou-se a 70% da energia elétrica utilizada para produzir A, então:

- o consumo específico de A é igual a  $7.000 \text{ kWh} / 8 \text{ t} = 875 \text{ kWh/ t}$ ; e
- o consumo específico de B é igual a  $3.000 \text{ kWh} / 3 \text{ t} = 1.000 \text{ kWh/ t}$ .

Com o exemplo anterior, conclui-se que uma empresa pode ter mais de um consumo específico. Algumas vezes, ou num primeiro momento, pode-se calcular um único consumo específico. No exemplo, ele seria a razão entre a energia e a produção sendo de  $10.000 \text{ kWh} / 11 \text{ t}$  ou  $909 \text{ kWh} / \text{t}$ .

A identificação do consumo específico vai depender de bom senso. O importante é descobrir o que realmente faz alterar o consumo de energia elétrica. Existem consumos que independem da produção ou do serviço (iluminação). Se possível, deve ser criado mais de um consumo específico: um global e outros específicos, por setor ou (sub) produto. Acompanhar simplesmente a variação do consumo (kWh) mensal não é suficiente, pois, após implementar medidas de economia de energia elétrica, o consumo pode aumentar, devido a um aumento de produção.

Ao contrário do que possa parecer, a implantação do sistema de gerenciamento energético não implica, necessariamente, a redução de consumo de energia elétrica (kWh), e sim uma redução do consumo específico.

### 2.5.11 Custo específico

O outro índice que deverá ser identificado e gerenciado é o custo específico, que é o produto do preço médio da energia elétrica (R\$/kWh) da empresa pelo consumo específico (kWh/produto ou serviço produzido) ou simplesmente, o custo da energia por unidade ou serviço produzido.

$$\text{Custo específico} = \text{consumo específico} \times \text{preço médio} \quad (2.5)$$

ou

$$\text{Custo específico} = \text{fatura de energia} \times \text{produção (serviço)} \quad (2.6)$$

Utilizando o exemplo em que o consumo específico anterior e após a implantação de algumas medidas de eficiência energética era de 10 kWh/pç. e 7 kWh/pç., respectivamente, e considerando um preço médio de R\$ 0,22/kWh, obtém-se a redução do custo específico:

$$10 \text{ kWh/pç.} \times \text{R\$ } 0,22/\text{kWh} = \text{R\$ } 2,20/\text{pç.}$$

$$7 \text{ kWh/pç.} \times \text{R\$ } 0,22/\text{kWh} = \text{R\$ } 1,54/\text{pç.}$$

Nota-se que o preço médio pode ser alterado após a implantação das medidas. Nesse caso, foi mantido constante. Se houver alterações, deve-se usar o novo valor.

Para consumidores atendidos em baixa tensão, a única maneira de reduzir o custo específico consiste em atuar no consumo específico, pois, como já foi visto, o preço médio é a própria tarifa acrescida do ICMS.

Para consumidores atendidos em alta tensão existem duas possibilidades para reduzir o custo específico, atuar na redução do consumo específico ou atuar no preço médio.

Para reduzir o preço médio, existem três etapas:

- Contratar demandas adequadas às reais necessidades da instalação. A instalação de um controlador de demanda permite às empresas realizar um melhor gerenciamento, bem como evitar ultrapassagens.
- Transferir o máximo de carga possível para o horário fora de ponta. Por exemplo, deslocar ou programar, sempre que possível, o funcionamento das cargas para o horário fora de ponta. Quando planejar alguma interrupção, executá-la no horário de ponta.
- Enquadrar-se na melhor modalidade tarifária possível. Dependendo do fator de carga e do funcionamento da instalação, a opção por uma das três modalidades existentes poderá possibilitar um menor preço médio. A tarifa azul é a que possibilita o menor preço, mas é necessário um alto fator de carga (maior que 0,8) no horário de ponta.

Esta é a questão fundamental. A princípio, a sua resposta parece complexa, mas, na verdade, é muito simples. Considerando que o consumo específico = consumo de energia ÷ produção e sabendo que a produção é determinada pela demanda de mercado ou por estratégias empresariais, basta atuar apenas no numerador dessa relação: **o consumo de energia**.

As medidas de efficientização dos principais usos finais são ferramentas importantes sobre o uso de energia. Nele poderá ser verificado se cada medida se encaixa nestas duas opções: **tempo e potência**.

### ***2.5.12 Sistemas de monitoramento da energia elétrica***

As medições de energia feitas pela concessionária são realizadas de forma global, com um único medidor, no ponto de entrega de energia ao consumidor. Esta medição da concessionária é feita, normalmente, por medidores digitais e com uma memória de armazenamento de informações elétricas mensais. O leiturista da concessionária efetua sua medição mensalmente através de um computador portátil (CEMIG – 2003).

Já o equipamento de monitoramento de energia pode ser acoplado a uma saída óptica do medidor da concessionária, interligado a um sistema de gerenciamento de energia, ANALO, por exemplo.

### **2.5.13 Sistema de monitoramento da energia**

Na **figura 2.15**, é apresentada a foto deste equipamento ligado ao consumidor, no estudo de caso.



**Figura 2.15** – Sistema de monitoramento de energia e a interligação ao medidor da concessionária.

O sistema de monitoramento de energia consiste em fornecer ao usuário todas as grandezas elétricas de demanda e consumo de energia de

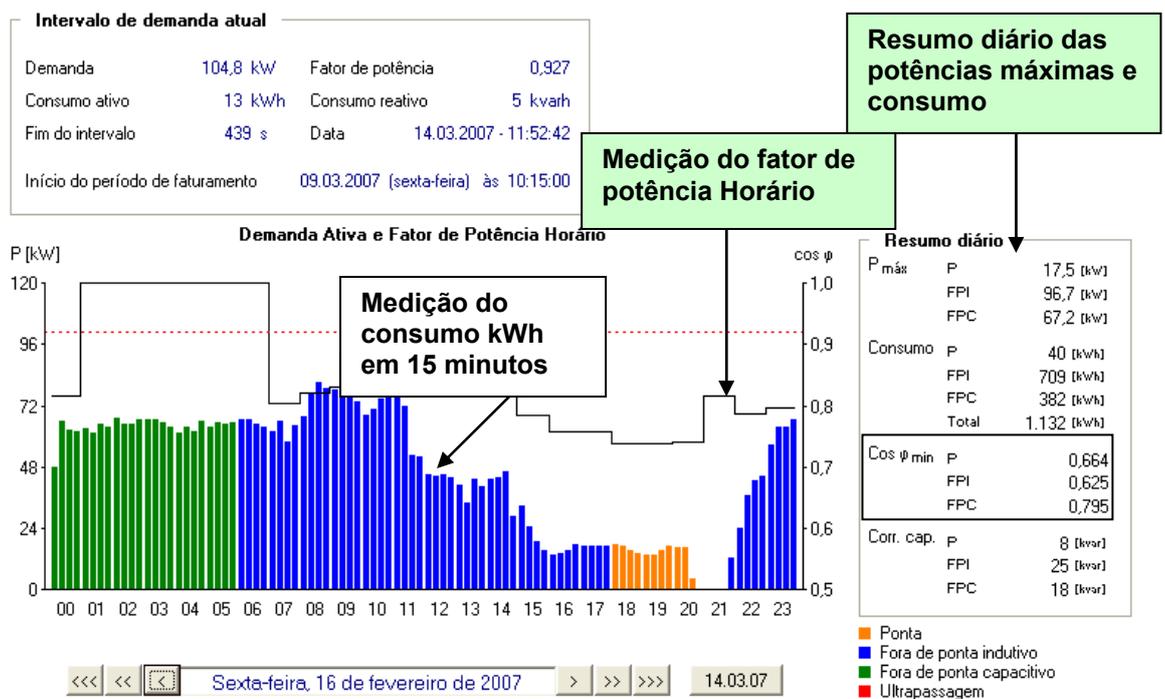
sua instalação e, também, as variáveis para a confecção do custo da energia pela concessionária.

O sistema utilizado, aqui, é o fornecido pela empresa ANALO através de um sistema de aluguel e comodato mensal. Este sistema possui um registrador das variáveis de medição da concessionária e o armazenamento destas informações no próprio equipamento. Estas informações são repassadas ao provedor e recebidas pelo software instalado em qualquer PC ligado à internet.

Ao observa-se a **figura 2.15**, verifica-se que o medidor de energia da concessionária é mantido dentro de uma caixa lacrada e não acessível pelo consumidor. Esta medida adotada pela concessionária preserva os dados de medição mensal e assegura a confiabilidade das informações.

A medição feita pelo sistema de gerenciamento de energia funciona como uma medição paralela ao feito pela concessionária, mantendo-se todos os atributos e variáveis da medição e composição da conta mensal, mas com total acesso ao consumidor.

A **figura 2.16** apresenta a tela inicial do sistema, com a curva de carga diária do consumidor e demais parâmetros elétricos.



**Figura 2.16** – Tela de monitoramento da energia, com comentários.

Os parâmetros elétricos medidos, de 15 em 15 minutos e o acompanhamento com o que realmente está em funcionamento dentro da unidade consumidora, facilitam a análise da curva de carga diária. A mesma **figura 2.16** mostra o baixo fator de potencia da instalação e o valor que a concessionária está medindo com a cobrança na conta mensal.

O sistema permite a configuração de todos os parâmetros para a simulação do custo de uma conta de energia elétrica, cobrada pela concessionária.

A principal tela de configuração é destinada aos parâmetros sobre os dados e características do ponto de entrega de energia pela concessionária. Na **figura 2.17**, é apresentada a tela de configuração referente ao tipo de medidor, modelo e principalmente a constante de medição em kWh/pulso.

Configurações de medição e faturamento - Plastibom Atual 21/12

Vigências

- 21.12.2005 - 00:00
- 01.02.2006 - 00:00
- 05.04.2006 - 00:00
- 03.05.2006 - 00:00
- 24.07.2006 - 00:00

Em vigor a partir de 21.12.2005 - 00:00 relativo à substituição do medidor

Medição | Tarifas atuais | Tarifas originais | Contrato atual | Contrato original

Parâmetros da medição

Código do consumidor: 90123340

Fabricante/modelo do medidor: Saga 1000

Número de série do medidor: Mod 1317

Constante de medição (kWh/p): 0,105

Perdas de transformação (%): 0

Observação:

A constante de medição é obtida a partir da multiplicação da constante  $K_e$  do medidor (dada em kWh/pulso) com as relações de transformação dos TPs e TCs do conjunto de medição.

A mesma constante de medição também pode ser obtida a partir das faturas expedidas pela concessionária. Nesse caso, deve-se utilizar a constante de energia ou 1/4 da constante de demanda.

Ajuda Inserir Excluir Salvar Cancelar

**Figura 2.17** – Configuração dos parâmetros de medição.

Os valores referentes às tarifas vigentes praticadas pela concessionária são configurados e determinados para a configuração e a formatação do custo da energia elétrica no período de medição.

Na **figura 2.18**, é apresentada a tela de configuração destes parâmetros. Observa-se que esta configuração é feita com as tarifas vigentes e também com a data de início e a data de alteração dos valores feitas pela concessionária.

Na **figura 2.18**, mostra a tela de entrada de dados do sistema que permite a configuração dos parâmetros de contrato feito entre a concessionária e o consumidor, conforme é apresentado na conta de energia elétrica apresentada mensalmente.

Configurações de medição e faturamento - Plastibom Atual 21/12

Vigências

- 21.12.2005 - 00:00
- 01.02.2006 - 00:00
- 05.04.2006 - 00:00
- 03.05.2006 - 00:00
- 24.07.2006 - 00:00

Em vigor a partir de 21.12.2005 - 00:00 relativo à substituição do medidor

Medição | **Tarifas atuais** | Tarifas originais | Contrato atual | Contrato original

Tarifas, encargos, taxas e impostos

Concessionária: Cemig

Grupo tarifário: A4

		Azul	Verde	Convencional
Demandas (R\$/kW)	P	43,49		
	FP	13,36	13,36	32,46
Consumos (R\$/MWh)	PU	234,92	1066,89	
	FPU	125,27	125,27	
	PS	259,55	1091,50	182,46
	FPS	140,69	140,69	
EAE (R\$/MWh)		0,00		
ECE (R\$/MWh)		2,68		
IP (R\$)				19,32
PIS (%)				0
COFINS (%)				0
ICMS (%)				18

Ajuda Inserir Excluir Salvar Cancelar

**Figura 2.18** – Configuração dos parâmetros de medição Tarifas atuais praticadas pela concessionária.

Observa-se que pode-se simular as tarifas verde, convencional e azul, o intervalo de sincronismo e as metas de consumo para o mês ou o período de medição.

A configuração destes parâmetros permite a simulação de toda a conta de energia elétrica, com referência à modulação de horário de ponta, tipo de tarifa horo-sazonal, metas de consumo e períodos diversos de simulação.

A **figura 2.19** mostra a simulação dos parâmetros, alterando-se o horário de ponta do período de medição, sendo no período de 18:00Hs às 21:00Hs, e a **figura 2.20** mostra a simulação com o horário de ponta das

18:00hs às 21:00hs para observação dos valores cobrados pela concessionária.

**Configurações de medição e faturamento - Plastibom Atual 21/12**

Vigências  
 21.12.2005 - 00:00  
 01.02.2006 - 00:00  
 05.04.2006 - 00:00  
 03.05.2006 - 00:00  
 24.07.2006 - 00:00

Em vigor a partir de 21.12.2005 - 00:00 relativo à substituição do medidor

Medição | Tarifas atuais | Tarifas originais | **Contrato atual** | Contrato original

Parâmetros de contrato

Tarifa contratada Verde

Demandas contratadas (kW) PU 200 PS 200  
 FPU 235 FPS 235

Opções da Tarifa Verde para o horário de ponta

Tarifa diferenciada (R\$/MWh) 0,00  
 Consumo base (kWh) 0  
 Consumo contratado (kWh) 0  
 Geração própria (R\$/kWh) 0,00

Meta, postos horários e intervalo reativo

Meta de consumo (kWh/dia) 80.000

Postos horários P 18:00  Forçar estes postos horários  
 FPC 00:00

Intervalo reativo (sincronismo) 00:00  Forçar este sincronismo

Botões: Ajuda, Inserir, Excluir, Salvar, Cancelar

Figura 2.19 – Configuração dos parâmetros de contrato atual.

Arquivo Unidades Instalações Grupos Gráficos Configurações Janela Ajuda

Resumo do Relatório

Período de análise

Duração 15.05.2007 - 13:15 à 15.06.2007 - 09:15

Dias úteis 24  
 Sábados 4  
 Domingos 4

Faturas

Valor total - Azul 67.257,08 R\$  
 Valor total - Verde 53.538,94 R\$  
 Valor total - Convencional 60.443,28 R\$  
 Valor total - Especial 35.091,28 R\$

Custo médio - Azul 0,3927 R\$/kWh  
 Custo médio - Verde 0,3126 R\$/kWh  
 Custo médio - Convencional 0,3529 R\$/kWh  
 Custo médio - Especial 0,2049 R\$/kWh

Fc - Ponta 45,4 %  
 Fc - Fora de ponta 44,0 %  
 Fc - Geral 44,0 %

Meta de consumo

Meta diária 140.000 kWh  
 Meta do período analisado 4.480.000 kWh

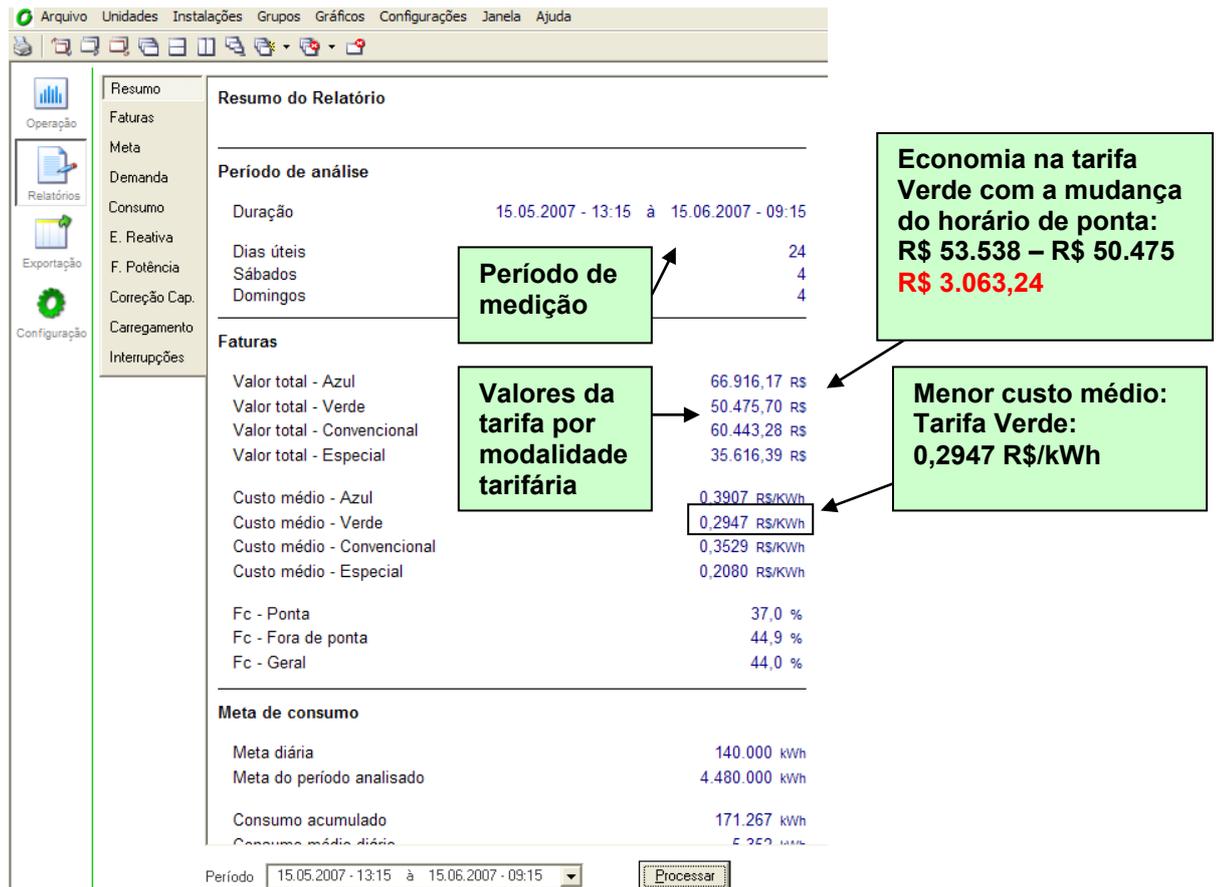
Consumo acumulado 171.267 kWh  
 Consumo médio diário 5.252 kWh

Período 15.05.2007 - 13:15 à 15.06.2007 - 09:15

Processar

Figura 2.20 – Simulação hora ponta das 18:00 às 21:00Hs e valores cobrados pela Cemig.

Pelo demonstrativo do sistema ANALO, através da **figura 2.21**, observa-se que com os mesmos parâmetros de consumo pode-se simular um horário de ponta que mais beneficia ao consumidor em relação ao valor pago pela energia elétrica à concessionária.



**Figura 2.21** – Simulação hora ponta das 19:00 às 22:00Hs e valores por modalidade tarifária.

### 3 ESTUDO DE CASO - UNIDADE DE ENSINO

#### 3.1 Características gerais

Este estudo tem por objetivo verificar a atual situação do consumo de energia elétrica da **Universidade Presidente Antonio Carlos – UNIPAC, no campus Bom Despacho**, situado na cidade de Bom Despacho, Minas Gerais.

O estudo foi baseado nas informações fornecidas pelo consumidor e em medições e observações dos parâmetros elétricos da instalação.

O principal objetivo dos estudos de eficiência energética em edificações é o de analisar novas tecnologias, associadas à conservação de energia, mantidos os padrões clássicos de conforto (STILLER – 1994).

Os estudos têm início no diagnóstico energético da edificação. É necessário, primeiramente, determinar os usos finais de eletricidade e avaliar as condições de iluminação artificial e natural, a fim de avaliar os ganhos com o seu aproveitamento (PRADO – 1998).

Baseados nesta idéia inicial utiliza-se o seguinte roteiro, ou metodologia:

- Análise do crescimento demográfico do Campus;
- Análise das contas de energia elétrica dos últimos anos;
- Análise das estruturas tarifárias do Campus;
- Análise da curva de demanda de um dia típico;
- Análise dos resultados obtidos.

Salienta-se que os valores obtidos tratam das medições e observações sobre o funcionamento diário da universidade, o que faz com que o estudo tenha caráter orientativo nas medidas sugeridas.

### 3.2 Consumo de energia elétrica

A classificação tarifaria vigente para o consumidor, conforme dados constantes nas contas de energia elétrica são:

Tarifa:.....	Convencional
Classe de Tensão:.....	A4
Concessionária:.....	CEMIG
Contas de Energia Analisadas.....	Jan./2006 a jan./2008
Alíquota de ICMS:.....	18%

### 3.3 Análise energética

#### 3.3.1 Análise das tarifas utilizadas e curva de carga

A classificação tarifaria vigente para o campus universitário, no início das medições, era a convencional, a qual apresentava o menor custo energético. Na **tabela 3.1**, são apresentados os valores correspondentes à tarifa convencional.

### Tabela 3.1

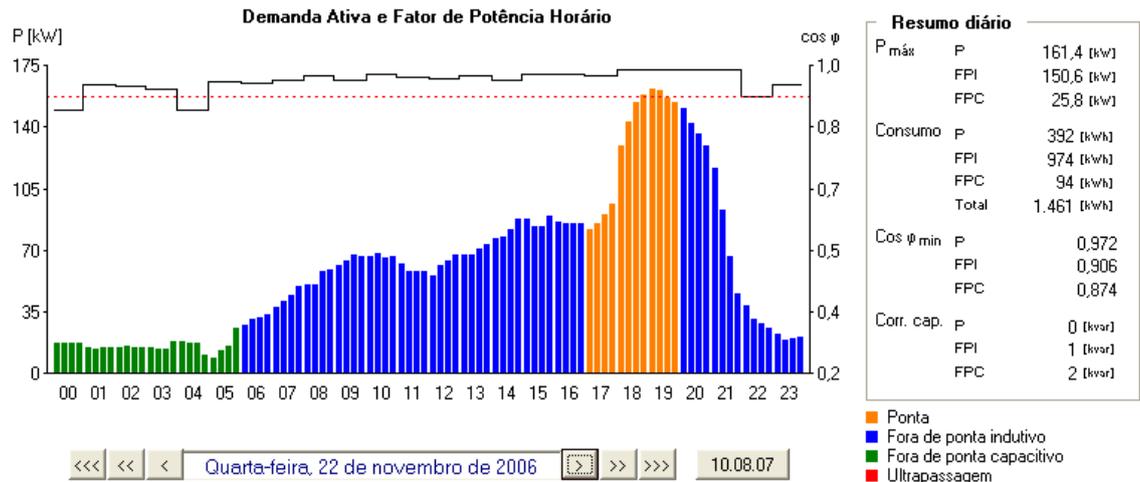
Período de análise da conta de energia; período base de Novembro de 2006:  
Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

<b>Período de análise</b>		
Duração	07.11.2006 - 00:00 à 07.12.2006 - 00:00	
Dias úteis		23
Sábados		4
Domingos		4
<hr/>		
<b>Faturas</b>	<b>Tarifa Convencional: Menor custo</b>	
Valor total - Azul		16.328,04 R\$
Valor total - Verde		14.558,37 R\$
Valor total - Convencional		13.912,27 R\$
Valor total - Especial		6.338,59 R\$
Custo médio - Azul		0,5490 R\$/KWh
Custo médio - Verde		0,4895 R\$/KWh
Custo médio - Convencional		0,4678 R\$/KWh
Custo médio - Especial		0,2131 R\$/KWh
Fc - Ponta	<b>Fator de carga por posto horário</b>	65,6 %
Fc - Fora de ponta		23,2 %
Fc - Geral		25,7 %

**Fonte: Sistema de Gerenciamento de Energia - ANALO, 2006.**

Esta primeira medição apresenta a tarifa convencional como a mais econômica frente às outras, verde e azul, para o período de medição.

Na **figura 3.1**, apresenta-se a curva de carga típica horária.



**Figura 3.1** – Curva de carga para um dia típico - Quarta-feira, 22 de novembro de 2006.

Nesta primeira análise, são observados os seguintes pontos:

- O maior consumo ocorre justamente no período do horário de ponta;
- O início do horário de ponta ocorre às 17:00hs, até as 20:00hs mas, mesmo assim, a tarifa convencional apresenta menor custo;
- O valor máximo da demanda registrada foi de 161,4 kW, às 19:15hs;
- O fator de potência apresenta valor mínimo de 0,874, horário, e máximo de 0,972, horário;
- O período de almoço, das 12:00hs até às 14:00hs, não apresenta diminuição do consumo;
- A análise das cargas ligadas no horário de ponta e as possíveis cargas a serem reduzidas ou alocadas fora deste período.

### 3.3.1 Demanda Máxima registrada

O valor da demanda máxima registrada no período de medição, conforme **Tabela 3.2**, mostra uma curva de carga bastante irregular, com o fator de carga de 65,0% no horário de ponta, contra 20,3% no horário fora de ponta.

### Tabela 3.2

Análise da demanda da conta de energia período base Novembro de 2006  
Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

#### Análise de Demanda

##### Resumo

Período de análise	07.11.2006 - 00:00 à 07.12.2006 - 00:00	
Dias úteis	23	
Sábados	4	
Domingos	4	
Demanda máxima dias úteis	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)
Demanda máxima sábados	79,7 kW	(18.11.06 às 10:15)
Demanda máxima domingos	56,7 kW	(26.11.06 às 08:15)
Demanda máxima P	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)
Demanda máxima FP-I	150,6 kW	(22.11.06 às 20:15)
Demanda máxima FP-C	42,7 kW	(26.11.06 às 05:30)
Demanda máxima geral	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)

**Dia com demanda  
máxima: Quarta-feira**

##### Demanda máxima semanal

Semana	Demanda máxima [kW]							Semanal
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	
07.11 - 11.11	-	14,2	149,6	148,8	131,9	104,0	29,6	<b>149,6</b> (92,7%)
12.11 - 18.11	16,5	110,6	115,1	23,1	132,2	134,3	79,7	<b>134,3</b> (83,2%)
19.11 - 25.11	22,0	142,6	145,3	161,4	136,9	140,9	40,0	<b>161,4</b> (100%)
26.11 - 02.12	56,7	144,7	132,0	139,3	134,7	124,3	37,4	<b>144,7</b> (89,7%)
03.12 - 06.12	19,1	145,8	119,6	140,8	-	-	-	<b>145,8</b> (90,4%)
<b>Geral</b>	<b>56,7</b> (35,1%)	<b>145,8</b> (90,4%)	<b>149,6</b> (92,7%)	<b>161,4</b> (100%)	<b>136,9</b> (84,9%)	<b>140,9</b> (87,3%)	<b>79,7</b> (49,4%)	<b>161,4</b> (100%)

Fonte: Sistema de Gerenciamento de Energia - ANALO, 2007.

A **tabela 3.2** apresenta o resultado do monitoramento inicial da energia do campus. Com esta análise de dados, constatou-se que o valor da demanda máxima ocorre principalmente nos dias de quarta-feira, no horário das 19:00 as 20:30hs, pertencente ao horário de ponta.

### 3.3.2 Análise do consumo

A **tabela 3.3** apresenta a análise do consumo e a determinação de valores e índices de controle para a energia consumida em relação aos dias da semana, sendo eles, dias úteis, sábados e domingos e por horário de ponta e fora de ponta indutivo (compreendido entre as 0:00Hs até as 06:00Hs) e o capacitivo (compreendido entre as 06:00Hs até as 00:00Hs, retirando-se o horário de ponta).

### Tabela 3.3

Análise do consumo da conta de energia período base Novembro de 2006  
Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

#### Análise de Consumo

##### Resumo

Período de análise 07.11.2006 - 00:00 à 07.12.2006 - 00:00

Dias úteis 23  
Sábados 4  
Domingos 4

Consumo dias úteis 25.793 kWh (86,7%)  
Consumo sábados 2.432 kWh (8,2%)  
Consumo domingos 1.515 kWh (5,1%)

**Consumo por dias da semana**

Consumo P 6.989 kWh (23,5%)  
Consumo FP-I 19.763 kWh (66,5%)  
Consumo FP-C 2.988 kWh (10,0%)

**Consumo por Horário tarifário**

Consumo total 29.740 kWh (100%)

**Consumo total do período**

##### Consumo semanal

Semana	Consumo [kWh]							Sáb	Semanal
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex			
07.11 - 11.11	-	4	1.394	1.295	1.163	991	414	<b>5.261</b> (17,7%)	
12.11 - 18.11	245	979	1.008	308	1.151	1.167	974	<b>5.832</b> (19,6%)	
19.11 - 25.11	410	1.263	1.315	1.461	1.337	1.229	583	<b>7.596</b> (25,5%)	
26.11 - 02.12	544	1.273	1.260	1.281	1.214	1.067	462	<b>7.101</b> (23,9%)	
03.12 - 06.12	316	1.340	1.023	1.271	-	-	-	<b>3.950</b> (13,3%)	
<b>Total</b>	<b>1.515</b> (5,1%)	<b>4.858</b> (16,3%)	<b>5.999</b> (20,2%)	<b>5.616</b> (18,9%)	<b>4.865</b> (16,4%)	<b>4.454</b> (15,0%)	<b>2.432</b> (8,2%)	<b>29.740</b> (100%)	

Fonte: Sistema de Gerenciamento de Energia - ANALO, 2006.

A **equação 3.1**, mostra o consumo relacionado pelos dias da semana, divididos em dias úteis, sábados e domingos, conforme **Tabela 3.3**, fornece dados para calcular o consumo específico deste período de medição (PROCEL – 2005d).

Consumo específico por dia de semana:

$$\text{C.E.D.U (kWh/dia útil)} = \frac{\text{consumo dias úteis}}{\text{Dias úteis}} \quad (3.1)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.D.U (kWh/dia útil)} = \frac{25.793 \text{ kWh}}{23 \text{ dias úteis}} = 1.121,43 \text{ [kWh/dia útil]}$$

Consumo específico por dia de sábado:

$$\text{C.E.D.S (kWh/dia sábado)} = \frac{\text{consumo dias de sábado}}{\text{Dias de sábado}} \quad (3.2)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.D.S (kWh/dia Sábado)} = \frac{2.432 \text{ kWh}}{4 \text{ sábados}} = 608,0 \text{ [kWh/Sáb]}$$

Consumo específico por dia de domingo:

$$\text{C.E.D.D (kWh/dia Domingo)} = \frac{\text{consumo dias domingo}}{\text{Dias domingo}} \quad (3.3)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.D.D. (kWh/dia Domingo)} = \frac{1.515 \text{ kWh}}{4 \text{ Domingos}} = 378.75 \text{ [kWh/Dom]}$$

O consumo relacionado pelos horários de ponta e fora de ponta capacitivo e indutivo fornece os dados para calcular o consumo específico deste período de medição.

Os dados sobre o consumo por horário de ponta e fora de ponta, capacitivo e indutivo, são fornecidos pelo sistema de gerenciamento de energia. Observa-se que a quantidade de horas por dia varia em relação ao período de ponta e fora de ponta, importantes para o cálculo do consumo específico, sendo este:

- Hora de ponta – medida em três horas diárias somente nos dias úteis da semana, exceto feriados nacionais;
- Hora fora de ponta capacitivo – medida do período das 0:00 hs até as 06:00 hs, em todos os dias do período analisado;
- Hora fora de ponta indutivo nos dias de sábado e domingo – 18 horas diárias;
- Hora fora de ponta indutivo nos dias úteis – 15 horas diárias.

Consumo específico por hora de ponta:

$$\text{C.E.H.F. (kWh/H.F.)} = \frac{\text{Consumo H.F.P}}{\text{Dias úteis x 3 horas}} \quad (3.4)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.H.P. (kWh/Horas ponta)} = \frac{6.989 \text{ kWh}}{23 \text{ dias x 3 h}} = 101,28 \text{ [kW/hora]}$$

Consumo específico por hora Fora de ponta Capacitivo:

$$\text{C.E.H.F.P.C (kWh/horas F.P.C)} = \frac{\text{consumo H.F.P.C.}}{\text{Dias Totais x 6 horas}} \quad (3.5)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.H.F.P.C.(kWh/Horas ponta)} = \frac{2.988 \text{ kWh}}{31 \text{ dias x 6 h}} = 16,06 \text{ [kW/hora]}$$

Consumo específico por hora Fora de ponta Indutivo:

$$\text{C.E.H.F.P.I (kWh/horas F.P.I)} = \frac{\text{consumo H.F.P.I.}}{(\text{Dias Úteis} \times 15 \text{ horas}) + (\text{Sábados} \times 18 \text{ horas}) + (\text{Domingos} \times 18 \text{ horas})} \quad (3.5)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.H.F.P.I.} = \frac{19.763 \text{ kWh}}{(23 \times 15 \text{ h}) + 489 \text{ h}} = 19.763 = 40,42 \text{ [kW/hora]}$$

$$\text{(kWh/Horas F.P.I.)} \quad (4 \times 18 \text{ h}) + (4 \times 18 \text{ h})$$

Consumo total específico por horas totais:

$$\text{C.E.Total (kWh/h)} = \frac{\text{Consumo Total}}{\text{Dias totais} \times 24 \text{ horas}} \quad (3.6)$$

Logo, tem-se:

$$\text{C.E.Total (kWh/h)} = \frac{29.740 \text{ kWh}}{31 \text{ dias} \times 24 \text{ h}} = 39,97 \text{ [kW/hora]}$$

No **quadro 1**, são mostrados os índices de análise inicial da instalação e os parâmetros que devem ser tomados como referência inicial.

<b>Índices de referência</b>	<b>Valores iniciais</b>
Consumo específico por dia de semana	<b>1.121,43 [kWh/dia útil]</b>
Consumo específico por dia de Sábado	<b>608,0 [kWh/Sáb]</b>
Consumo específico por dia de Domingo	<b>378,75 [kWh/Dom]</b>
Consumo específico por hora de ponta	<b>101,28 [kWh/hora]</b>
Consumo específico por hora Fora de ponta Capacitivo	<b>16,06 [kWh/hora]</b>
Consumo específico por hora Fora de ponta Indutivo	<b>40,42 [kWh/hora]</b>
Consumo Médio mensal de kWh por hora	<b>39,47 [kWh/hora]</b>

**Quadro 1**- Índices de referência da conta de energia período base Novembro de 2006 - Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

A definição destes valores permite uma parametrização dos dados iniciais e uma referência do consumo deste primeiro período. Esta definição permite o comparativo dos índices posteriores a este período, e os potenciais realmente alcançados de economia da conta de energia (INEE – 2001).

### **3.3.3 Mudança de tarifa**

A alternativa da tarifa verde oferece benefícios com relação aos incentivos para a tarifa fora do horário de ponta. O estudo para a utilização desta tarifa remete aos itens a serem estabelecidos para seu benefício e diminuição do custo da energia para o campus, dentre eles:

- A diminuição das cargas no horário de ponta, no caso das 17:00hs as 20:00hs;
- O uso de programadores horários para a modulação de cargas nos horários de ponta;
- A readequação das luminárias nos corredores e hall de entrada com a utilização de lâmpadas mais eficientes e com o fluxo luminoso adequado a cada local;
- A instalação de um banco de capacitores para melhorar o fator de potência da instalação;
- A configuração e monitoramento dos equipamentos de informática para que sejam desligados no horário de almoço e quando não estiverem sendo utilizados;

Observa-se que para os valores do montante relativo a um período de medição de 30 dias, a tarifa verde aproxima-se muito do valor da tarifa convencional. Na simulação feita, é analisada a quantidade de investimento necessário e quanto de energia pode economizar-se com a troca ou a modulação das cargas existentes.

Esta proposta tem como base a simulação da conta na tarifa Verde mostrada na **figura 3.2**, nos mesmos termos e situações de consumo na tarifa

convencional, para definição das metas para a sua possível utilização e conseqüente diminuição do custo da energia do campus.

Unidade consumidora Unipac BD		Período	Leitura anterior	Leitura atual		
Concessionária Cemig		Seco	07.11.2006 - 00:00	07.12.2006 - 00:00		
Tarifa - Grupo Horo-sazonal Verde - A4						
Medição		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa	Valores [R\$]
Demanda - P	[kW]	161,4				
Demanda - FPI	[kW]	150,6				
Demanda - FPC	[kW]	42,7				
Energia ativa - P	[kWh]	6.989,5				
Energia ativa - FPI	[kWh]	19.762,9				
Energia ativa - FPC	[kWh]	2.987,9				
Energia ativa - FP	[kWh]	22.750,7				
Energia ativa - Total	[kWh]	29.740,2				
Energia reativa - P	[kvarh]	1.145,7				
Energia reativa - FPI	[kvarh]	5.116,6				
Energia reativa - FPC	[kvarh]	1.182,1				
Energia reativa - FP	[kvarh]	6.298,7				
Energia reativa - Total	[kvarh]	7.444,4				
Fator de carga - P		65,6%				
Fator de carga - FPI		27,8%				
Fator de carga - FPC		38,9%				
Fator de carga - FP		23,2%				
Fator de carga - Global		25,7%				
<b>Comparativo entre consumo e valor pago:</b>						
<b>Consumo Hora Ponta:</b>						
6.989,5 kWh ( 24% do Total) R\$ 7.613,15						
<b>Consumo hora fora de ponta:</b>						
22.750,8 kWh (76% do Total) R\$ 3.626,24						
Fornecimento						
Demanda contratada	[kW]		150,0			
Demanda faturada	[kW]			161,4	13,81000	2.228,64
Ultrapassagem de demanda	[kW]			0,0	41,43000	0,00
Consumo ativo - P	[kWh]			6.989,5	1,08923	7.613,15
Consumo ativo - FPI	[kWh]			19.762,9	0,15939	3.150,00
Consumo ativo - FPC	[kWh]			2.987,9	0,15939	476,24
Demanda reativa excedente	[kW]			0,0	13,81000	0,00
Energia reativa excedente - P	[kWh]			1,3	1,08923	1,40
Energia reativa excedente - FPI	[kWh]			59,9	0,15939	9,55
Energia reativa excedente - FPC	[kWh]			31,2	0,15939	4,97
<b>Encargos e taxas</b>						
ECE	[kWh]			29.832,7	0,00000	0,00
EAEED	[kWh]			29.832,7	0,00000	0,00
Taxa de Iluminação Pública						0,00
<b>Impostos</b>						
PIS	(aliquota de 0,0%, taxa efetiva de 0,0%)					0,00
COFINS	(aliquota de 1,3%, taxa efetiva de 1,4%)					192,17
ICMS	(aliquota de 6,1%, taxa efetiva de 6,5%)					882,24
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas						
<b>Total da fatura</b>						<b>14.558,37</b>

Figura 3.2 – Análise da conta de energia para modalidade tarifária Verde.

Ao observar-se o valor pago e a relação com o consumo nos horários de ponta e fora de ponta, nota-se a diferença de 5 vezes a mais do valor pago pela hora de ponta. Esta relação leva às seguintes conclusões:

- 24% do consumo total equivalem a um valor pago de 76% da conta mensal de energia na tarifa verde.
- Ao dividir-se este montante de consumo, 6.989,80 kWh por 23 dias úteis e por três horas relativos à ponta, chega-se ao valor de: 101,3 kWh de

consumo por hora de ponta. Este valor informa que as economias e modulação da carga neste horário podem assegurar uma economia bastante relevante no montante da conta de energia ( PROCEL – 2005d)

Pela análise dos equipamentos e instalações da unidade de ensino, pode-se apontar as cargas que poderão sofrer seu desligamento no horário de ponta, entre elas:

Como se observa no quadro 2, o desligamento da câmara fria neste horário, sem perda de temperatura.

Equipamento	Potência unitária	Potência Total	Valor da tarifa para o horário de ponta	Valor em R\$ economizado mensal
Câmara fria	6.500 W	1 x 6,5 kW	1,05	R\$ 470,92

**Quadro 2** - Análise do consumo da câmara fria e seu valor economizado em reais e em consumo.

Observa-se que existe uma ultrapassagem do valor da demanda contratada de 150kW para 161,4kW, no dia 22.11.2006, às 19:15hs contribuindo para o aumento do valor da conta de energia.

Este valor da modulação da câmara fria contribui para a diminuição do valor da demanda nos seguintes valores, em Reais e em consumo:

- |                            |                          |                     |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>Demanda contratada:</b> | <b>Tarifa da demanda</b> | <b>Valor Pago</b>   |
| <b>150kW</b>               | <b>13,81</b>             | <b>R\$ 2.071,50</b> |

Como foi atingido um valor superior à demanda contratada, o máximo atingido é taxado pela concessionária, sendo ele:

- |                            |                          |                     |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>Demanda registrada:</b> | <b>Tarifa da demanda</b> | <b>Valor Pago</b>   |
| <b>161,4kW</b>             | <b>13,81</b>             | <b>R\$ 2.228,93</b> |

Pela modulação da câmara fria, tem-se uma diminuição de 6,5 kW da demanda registrada, sendo ele:

- |                           |                          |                   |
|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| <b>Demanda atingível:</b> | <b>Tarifa da demanda</b> | <b>Valor Pago</b> |
| <b>6,5 kW</b>             | <b>13,81</b>             | <b>R\$ 89,77</b>  |

Observa-se que a modulação do equipamento da câmara fria proporciona uma **economia mensal de R\$ 560,92** contabilizando os valores da potência da própria carga e, também, da ultrapassagem da demanda contratada.

Os valores da demanda contratada e de sua ultrapassagem fornecem um **potencial tendencial** da economia de energia e de valores em reais para a implementação do gerenciamento energético da unidade de ensino. Estas implementações geram um custo inicial para a instalação do sistema de modulação de cargas, com o uso de um relógio e um contator para proporcionar o seu desligamento e o seu retorno, sem a perda de temperatura dentro da câmara fria ( INEE – 2001)

#### **3.3.4 Análise do Fator de potência e energia reativa**

Em instalações mais antigas é comum ter-se circuitos e ampliações sem um projeto ou mesmo o acompanhamento das potências das cargas a serem ligadas. Este fato ocasiona um aumento considerável das perdas e o aquecimento destes circuitos projetados de forma incorreta (PROCEL – 2002b).

Na análise do fator de potência da instalação, observada pela **tabela 3.4**, pode-se observar o baixo fator de potência registrado na unidade de ensino. Essa condição resulta em aumento na corrente total que circula nos circuitos de distribuição de energia elétrica, podendo sobrecarregar os quadros de distribuição, os ramais elétricos e circuitos mais longos da instalação.

A utilização de equipamentos e sistemas com baixo fator de potência ocasiona uma cobrança suplementar da concessionária e, também, prejudica a instalação nos seguintes pontos:

**Perdas na rede:** As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total. Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação direta entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos ( NISKIER – 2004).

### Tabela 3.4

Análise do fator de potência da conta de energia período base Novembro de 2006

Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

#### Análise de Fator de Potência

##### Resumo

Período de análise	07.11.2006 - 00:00 à 07.12.2006 - 00:00	
Dias úteis		23
Sábados		4
Domingos		4
FP mínimo dias úteis	0,841	(13.11.06 às 02:15)
FP mínimo sábados	0,782	(02.12.06 às 05:15)
FP mínimo domingos	0,738	(12.11.06 às 06:30)
FP mínimo P	0,869	(15.11.06 às 19:30)
FP mínimo FP-I	0,738	(15.11.06 às 07:45)
FP mínimo FP-C	0,778	(03.12.06 às 05:45)
FP mínimo geral	0,738	(15.11.06 às 07:45)

**Horário de Ponta:**  
**Fator de potência**  
**de 0,869 as 19:30Hs**

**Fator de potência médio**  
**semanal: 0.738**

##### Fator de potência mínimo semanal

Semana	Dom	Seg	Fator de potência mínimo				Sáb	Semanal
			Ter	Qua	Qui	Sex		
07.11 - 11.11	-	0,000	0,862	0,875	0,818	0,841	0,855	<b>0,818</b>
12.11 - 18.11	0,738	0,841	0,838	0,738	0,838	0,838	0,849	<b>0,738</b>
19.11 - 25.11	0,793	0,855	0,873	0,874	0,863	0,871	0,821	<b>0,793</b>
26.11 - 02.12	0,771	0,868	0,795	0,889	0,808	0,834	0,782	<b>0,771</b>
03.12 - 06.12	0,773	0,884	0,815	0,900	-	-	-	<b>0,773</b>
<b>Geral</b>	<b>0,738</b>	<b>0,841</b>	<b>0,795</b>	<b>0,738</b>	<b>0,808</b>	<b>0,834</b>	<b>0,782</b>	<b>0,738</b>

Fonte: Sistema de Gerenciamento de Energia - ANALO, 2006.

O **quadro 3** mostra a diminuição das perdas anuais em energia elétrica de uma instalação com consumo anual da ordem de 100 KWh, quando se eleva o fator de potência de 0,78 para 0,92. Esta mudança se torna significativa quando se depara com um consumo mensal total de energia de 29.740kWh. Nos percentuais teóricos de perdas tem-se aproximadamente 5% deste valor. Este total de perdas corresponde a cerca de 1.487kWh apenas de perdas. Deve-se acrescentar a este valor, a cobrança da energia reativa feita pela concessionária no total de 92,4 kVAr.

O **quadro 3** é apresentado estes valores em reais por mês, e o custo total ocasionado pelo fator de potência e a tarifa média.

<b>Perdas elétricas por baixo fator de potência:</b>
$29.740 \text{ kWh} \times 5\% = 1.487 \text{ kWh} \times 0,4895 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$ } 727,89$
<b>Consumo registrado – Energia Reativa</b>
$92,4 \text{ kVAr} \times 0,4895 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$ } 45,23$
<b>Custo total por baixo fator de potência: R\$ 773,12</b>

**Quadro 3** - Análise do fator de potência e redução das perdas mensais, em reais.

Ao instalar-se o banco de capacitores para a correção do baixo fator de potência, pode-se atingir uma economia, no mês seguinte, de aproximadamente 60% deste valor atual, ou seja:

Perdas elétricas por fator de potência a 0,92:

$$29.740 \text{ kWh} \times 3,59\% = 1.057,93 \text{ kWh} \times 0,4895 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$ } 517,95$$

Consumo registrado – Energia Reativa

$$0 \text{ kVAr} \times 0,4895 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$ } 00,0$$

**Custo total por fator de potência a 0,92: R\$ 517,95**

**Redução de 66,56% do custo sobre o fator de potência.**

Este valor atingido, mostrado no **quadro 4**, informa o potencial real de economia com a utilização do banco de capacitores para correção do Fator de potência.

	Situação Inicial	Situação final
<b>Fator de Potência</b>	<b>0,78</b>	<b>0,92</b>
<b>Perdas Globais</b>	<b>5,0%</b>	<b>3,59%</b>
<b>Redução das perdas</b>	<b>28,1%</b>	

**Quadro 4** - Análise do fator de potência e *redução das perdas*, em percentual.

$$\text{Redução das perdas (\%)} = \left( 1 - \frac{FP_1^2}{FP_2^2} \right) \times 100 \quad (3.7)$$

**Quedas de tensão:** O aumento da corrente devido ao excesso de reativo leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos das instalações. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais o sistema é fortemente solicitado, principalmente no horário de ponta. As quedas de tensão podem provocar, ainda, diminuição da intensidade luminosa nas lâmpadas e aumento da corrente nos motores (AAE – 1997).

**Substituição 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 evitáveis se o fator de potência apresentasse valores unitários. O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser, então, utilizado para o atendimento às novas cargas.

O **quadro 5** exemplifica a consequência do aumento do fator de potência, de 0,85 para 0,92, no fornecimento de potência ativa para cada 100 kVA instalado.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados, principalmente, aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência ativa total dos equipamentos utilizados, mas, devido à presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

O **quadro 5** mostra, também, a potência total que deve ter o transformador, para atender uma carga útil de 150 kW para fatores de potência crescentes.

Potência útil absorvida ( kW)	Fator de Potência	Potência do transformador
<b>150 kW</b>	0,50	$\frac{150 \text{ kW}}{0,50} = 300 \text{ kVA}$ 0,50
	0,80	$\frac{150 \text{ kW}}{0,80} = 187,5 \text{ kVA}$ 0,80
	0,92	$\frac{150 \text{ kW}}{0,92} = 163,04 \text{ kVA}$ 0,92
	1,00	$\frac{150 \text{ kW}}{1,00} = 150 \text{ kVA}$ 1,00

**Quadro 5** - Potência do transformador e a potência aparente absorvida, em função do fator de potência da carga.

Nos valores apresentados pelo sistema de gerenciamento, observa-se o carregamento do transformador e sua potência aparente solicitada à concessionária. A sobrecarga do transformador com potência nominal de 150kVA e, sendo utilizado o valor de 163,4 kVA, é de cerca de 8,2%.

O custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida que o fator de potência diminui (TOLEDO – 1995).

A **tabela 3.5** ilustra os valores da demanda aparente para a medição inicial do campus universitário. Observa-se a sobrecarga de 8,2% da capacidade instalada do transformador de 150kVA.

### Tabela 3.5

Análise da Demanda aparente da conta de energia período base Novembro de 2006  
Horário de ponta no intervalo das 17:00hs até as 20:00hs.

#### Análise de Demanda Aparente

##### Resumo

Período de análise	07.11.2006 - 00:00 à 07.12.2006 - 00:00	
Dias úteis		23
Sábados		4
Domingos		4
Demanda máxima dias úteis	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)
Demanda máxima sábados	82,2 kVA	(18.11.06 às 10:15)
Demanda máxima domingos	58,8 kVA	(26.11.06 às 08:15)
Demanda máxima P	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)
Demanda máxima FP-I	152,5 kVA	(22.11.06 às 20:15)
Demanda máxima FP-C	44,7 kVA	(26.11.06 às 05:30)
Demanda máxima geral	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)

**Fonte: Sistema de Gerenciamento de Energia - ANALO, 2006.**

A **tabela 3.6** ilustra a variação da seção necessária de um condutor em função do fator de potência. Nota-se que a seção necessária, supondo-se um fator de potência 0,70, é o dobro da seção para o fator de potência 1,0.

**Tabela 3.6**

Secção relativa do condutor e o fator de potência da instalação.

<b>Secção relativa do condutor</b>	<b>Fator de potência da instalação</b>
1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
4,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

*Fonte: ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão, 1997.*

A correção do fator de potência por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

### **3.3.5 Análise dos equipamentos**

Na análise das cargas e dos equipamentos utilizados, constata-se a utilização da iluminação das salas de aula, corredores e estacionamentos como as principais cargas ligadas no período de maior consumo, no caso das 19:00 às 22:00hs.

Para estimar o total de eletricidade necessária para operar o sistema de iluminação, as exigências de iluminação devem ser avaliadas. Diferentes ambientes com diferentes atividades visuais necessitam de iluminância diferenciadas e devem ser iluminadas de acordo com esta necessidade. Os valores médios de iluminância recomendada para as atividades visuais especificadas podem ser obtidos na **NB 57 – Iluminância de Interiores** (ABNT, 1991).

O cálculo luminotécnico das unidades de salas de aula, corredores, hall de circulação e escritórios comprovou que dentro das salas de aula, têm-se índices de 700 lumens, acima do recomendado pela norma **NB 57** (REGINO – 2002).

Na análise dos corredores constatou-se, também, índices acima de 500 lumens, o qual está acima do recomendado pela norma **NB 57**. Observou-se o fato de que alguns ambientes devem ser iluminados durante todo o tempo de utilização, enquanto outros necessitam de iluminação apenas em certos períodos do dia (SLATER – 1997).

Esta readequação da iluminação possibilita a redução da carga instalada, mantendo-se os níveis de iluminância, conforme as normas e o conforto visual (ROMERO – 2000).

Segundo **CADDET (1995)**, a iluminação, de forma geral, é responsável por aproximadamente 30% do total da eletricidade para operar muitos edifícios educacionais, sendo que cerca de 2/3 aproximadamente poderia ser economizado com a utilização de sistemas eficientes de iluminação. Isto representa uma economia teórica total de 20% no consumo de eletricidade.

A iluminação de corredores, apesar destes apresentarem ocupação intermitente, deve ser adequada, de forma a evitar desperdícios e garantir a segurança dos usuários. A **NB 57** estabelece a iluminância média de 100lux para estes ambientes.

A troca das luminárias e lâmpadas antigas por dispositivos mais eficientes, mantendo os níveis de iluminância na NB 57, caracteriza a conscientização e adequação das instalações dentro das normas e referências luminotécnicas.

Esta redução é mostrada no **quadro 6**, com as quantidades, potências e localização destas luminárias e lâmpadas.

<b>Localização</b>	<b>Ação proposta</b>	<b>Carga instalada atual</b>	<b>Carga instalada pós <i>retrofit</i></b>
<b>Corredor 1</b>	Troca das luminárias com 2 lâmpadas de 110W	12 x 2 x 110W= <b>2.640 W</b>	12 x 2 x 40W= <b>960 W</b>
<b>Corredor 2</b>	Troca das luminárias com 2 lâmpadas de 110W	8 x 2 x 110W= <b>1.760 W</b>	8 x 2 x 40W= <b>640 W</b>
<b>Corredor 3</b>	Troca das luminárias com 2 lâmpadas de 110W	4 x 2 x 110W= <b>880 W</b>	4 x 2 x 40W= <b>320 W</b>
<b>Hall de entrada</b>	Troca das lâmpadas Vapor de sódio por lâmpadas de 85W Fluorescente	24 x 250W= <b>6.000 W</b>	24 x 85W= <b>2.040 W</b>
<b>Hall da cantina</b>	Troca das lâmpadas Vapor de sódio por lâmpadas de 85W Fluorescente	16 x 250W= <b>4.000 W</b>	16 x 85W= <b>1.360 W</b>
<b>Carga instalada</b>		<b>15.280 W</b>	<b>5.320 W</b>
<b>Redução da Carga instalada</b>		<b>9.960 W</b>	

**Quadro 6** - Comparativo entre a potência instalada atual e a pós *retrofit*.

Esta redução da potência dos equipamentos de iluminação proporciona uma diminuição da carga instalada da ordem de 9.960W. Estas cargas são ligadas, diariamente, aproximadamente das 18:40hs até às 22:20hs, totalizando 3:40 horas de seu funcionamento diário. O custo é calculado da seguinte forma:

$$\text{Energia consumida} = \text{Potência} \times \text{Tempo}$$

$$\text{Energia consumida} = 9,96 \text{ kW} \times 3,66 \text{ horas} = 36,45 \text{ kWh dia.}$$

$$\text{Custo energia consumida} = 36,45 \text{ kWh} \times 0,4895 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$ } 17,84/\text{dia}$$

$$\text{Custo mensal} = 17,84 \times 21 \text{ dias úteis} = \text{R\$ } 374,64 \text{ mês.}$$

Redução da demanda contratada, através da redução da carga instalada de 9,96 kW da demanda registrada, sendo ele:

<b>• Demanda atingível:</b>	<b>Tarifa da demanda</b>	<b>Valor Pago</b>
<b>9,96 kW</b>	<b>13,81</b>	<b>R\$ 137,55</b>

Observa-se que a diminuição da carga instalada proporciona uma **economia mensal de R\$ 512,29**, contabilizando os valores da potência da própria carga e também da ultrapassagem da demanda contratada.

### 3.4 Potenciais de economia

A instalação, monitoramento das instalações e da medição global do campus universitário confirma a existência do desperdício e da falta de treinamento dos envolvidos no processo e no consumo de energia elétrica.

No **quadro 7**, são apresentados os valores de economia, em kWh e o seu valor, em reais para análise e determinação das economias mensais.

<b>Ação</b>	<b>Energia economizada</b>	<b>Valores em reais economizados</b>	<b>Custos com a sua instalação</b>	<b>Tempo de retorno dos investimentos</b>
Instalação dos contadores para modulação da Câmara Fria	6,5kWh	R\$ 470,07	R\$ 450,00	1,04 meses
Melhoria do fator de potência da instalação	521 kWh	R\$ 255,17	R\$ 650,00	2,54 meses
Retrofit da iluminação dos corredores e hall de entrada e cantina	756,45 kWh	R\$ 512,29 Energia consumida	R\$ 3.500,00	5,38 meses
		R\$ 137,55 Demanda registrada		

**Quadro 7** - Comparativo entre o custo inicial das melhorias e o retorno dos investimentos em meses.

Estes valores são uma referência dos potenciais de economia possíveis com a adequação das metas e troca dos equipamentos mencionados e sua comprovação, com o gerenciamento global do campus.

### 3.5 Análise dos resultados

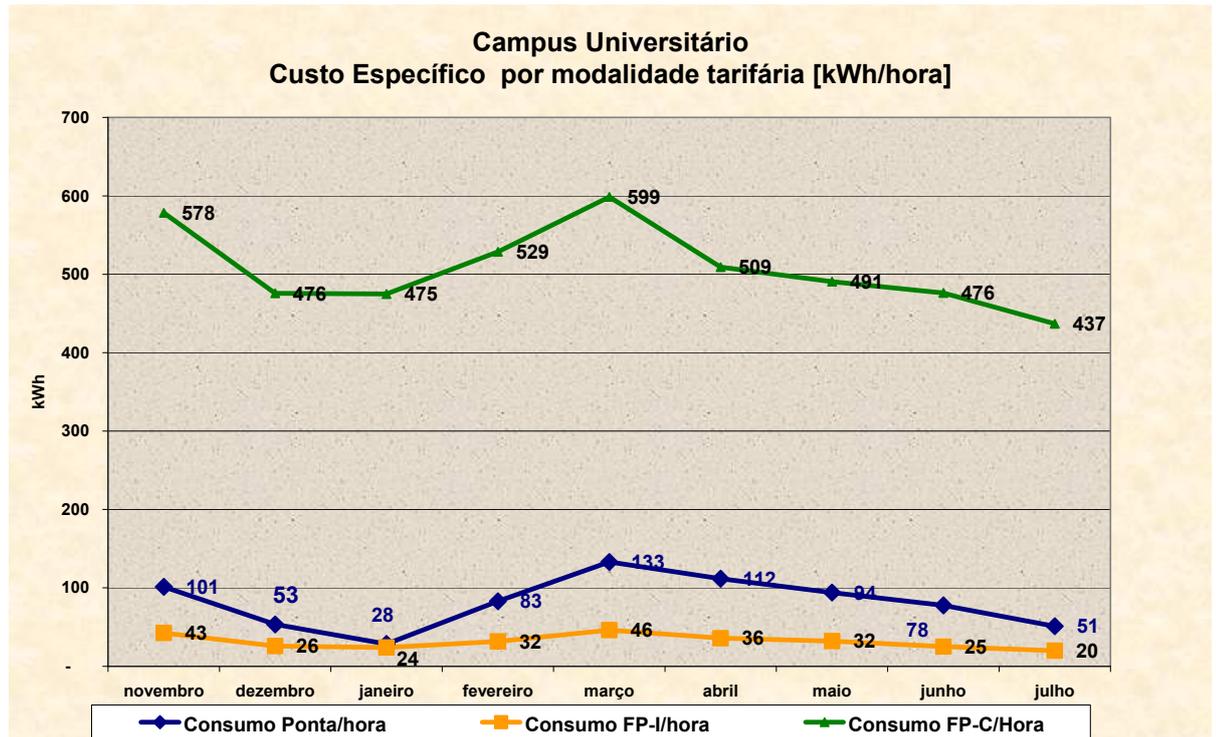
A primeira análise se faz com a determinação dos períodos de tempo do consumo de energia, iniciando com o mês de novembro/2006 como referência e com termino no mês de julho de 2007.

O **quadro 8** mostra a evolução destes índices de controle no período de análise do consumo específico do campus universitário.

Mês	Intervalo de Leitura	Consumo Específico horário tarifário			Consumo Específico por dia da semana		
	dd/mm à dd/mm	Consumo Ponta/hora	Consumo FP-I/hora	Consumo FP-C/Hora	Consumo dias úteis/Dias Úteis	Consumo sábados/Sab	Consumo domingo/Dom
Nov/06	07/11 à 07/12	101	43	578	1.121	608	379
Dez/06	07/12 à 31/12	53	26	476	694	327	250
Jan/07	01/01 à 31/01	28	24	475	598	284	239
Fev/07	01/02 à 28/02	83	32	529	898	356	345
Mar/07	01/03 à 31/03	133	46	599	1.317	521	346
Abr/07	01/04 à 30/04	112	36	509	1.115	328	295
Mai/07	01/05 à 31/05	94	32	491	907	433	332
Jun/07	01/06 à 30/06	78	25	476	750	317	271
Jul/07	01/07 à 31/07	51	20	437	585	236	250
Média do período		81,52	31,47	507,66	887,23	378,81	300,62

**Quadro 8** - Consumo específico horário tarifário e por dia de semana.

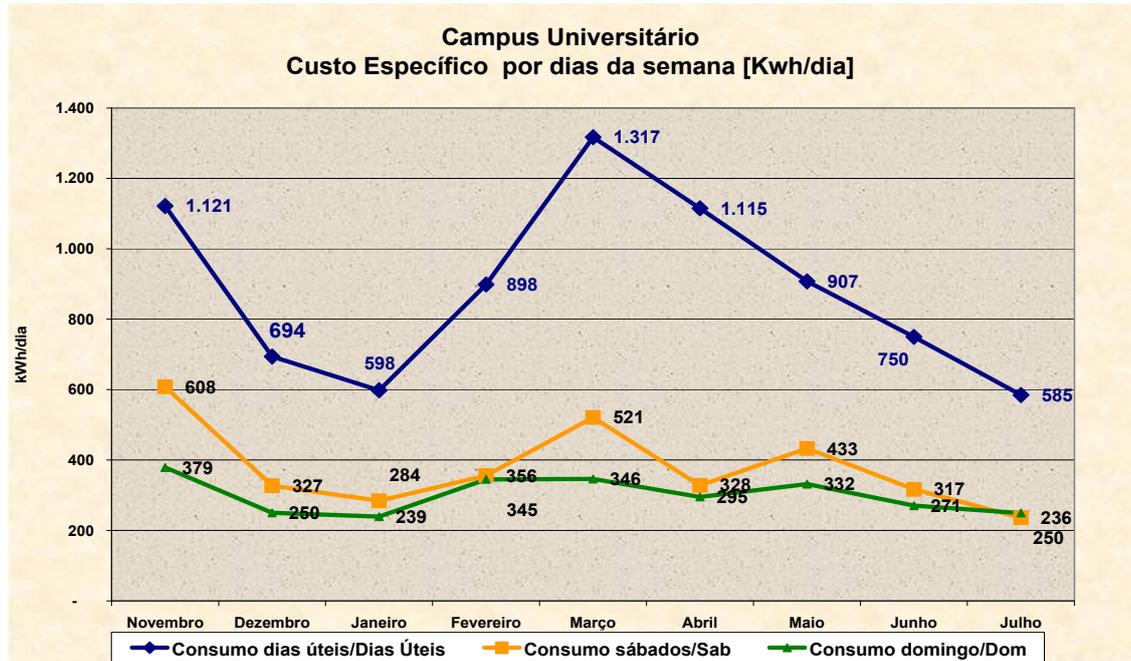
O gráfico comparativo entre o consumo específico horário tarifário nos mostra a relação de consumo por hora.



**Figura 3.3** – Custo específico por modalidade tarifária – Campus Universitário

Observa-se uma queda dos valores, a partir de abril de 07, quando foi feita uma palestra para os funcionários, professores e estagiários sobre o uso eficiente dos equipamentos elétricos. Este treinamento e conscientização dos envolvidos no campus universitário resultou em uma queda do consumo em 15,86% real, comparado aos meses anteriores.

Pela **figura 3.4**, esta queda é novamente constatada, principalmente nos dias úteis com aula no campus. O coeficiente específico nos dias de sábados e domingos não apresentou uma mudança significativa, mantendo os mesmos patamares antes do gerenciamento energético.



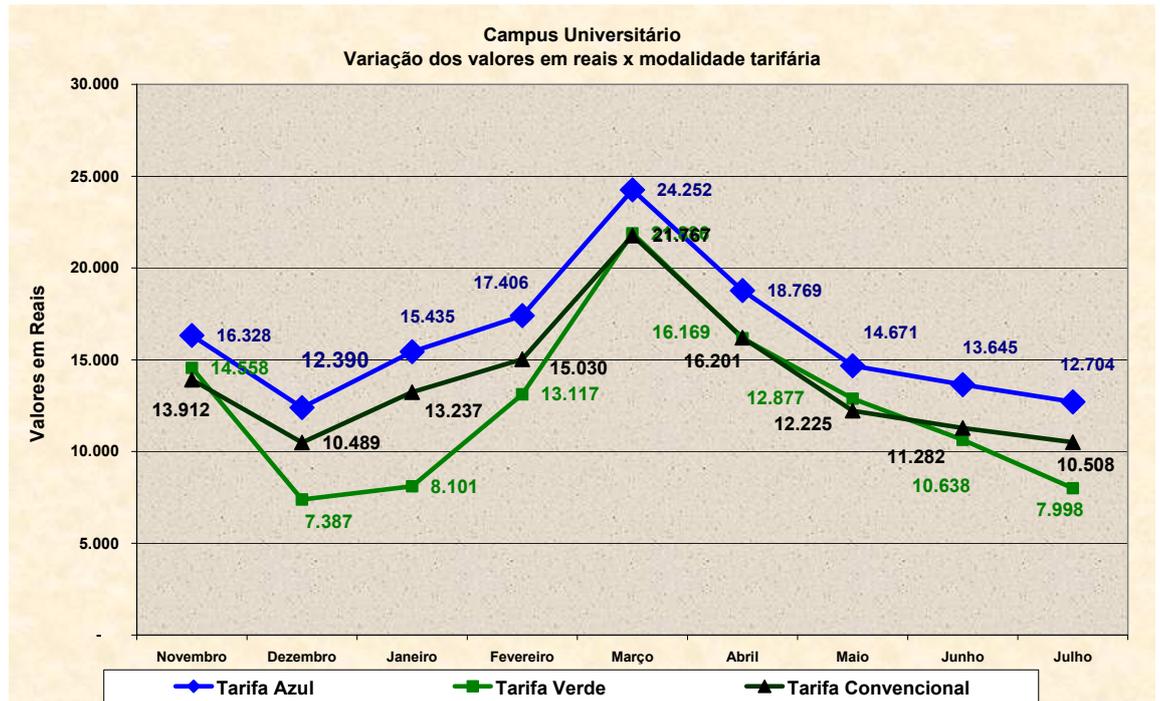
**Figura 3.4** – Custo específico por dias de semana – Campus Universitário

O incentivo para a utilização da tarifa Verde mostrada na figura 3.5, mostra a variação em relação à tarifa azul e convencional, com valores analisando o mesmo período de consumo, tarifas vigentes e componentes utilizados para contabilizar a conta em reais.

A relação entre as modalidades tarifárias teve como meta a diminuição do valor global do custo da energia para o campus universitário. Esta comparação teve como horário de ponta o período compreendido entre 17:00hs até as 20:00hs para as modalidades verde e azul. O valor de sua demanda contratada foi estipulada pelo valor contratado de 150kW.

Observa-se a queda dos valores das contas também a partir de abril de 2007, após as medidas e treinamento dos envolvidos na administração e funcionários do campus.

O valor máximo atingido pelo campus, em reais ocorreu no mês de março de 2007, no valor de R\$ 21.767, na modalidade verde. Mantendo-se os mesmos parâmetros e equipamentos utilizados, observa-se que ocorreu uma diminuição de 25,7%, já no primeiro mês após o treinamento e de 40,8% no mês seguinte.



**Figura 3.5** – Variação dos valores em reais versus modalidade tarifária - Campus Universitário.

Os montantes referentes a 9 meses de medição nas modalidades tarifárias azul de R\$ 145.600,32, na verde de R\$ 112.731,56 e na convencional de R\$ 124.651,41 confirma a melhor opção pela tarifa verde. Neste comparativo, tem-se uma economia real de R\$ 11.919,85 contabilizada no período.

A **figura 3.6** mostra estes valores em percentuais, comparando as três modalidades tarifárias nas suas medições mensais.

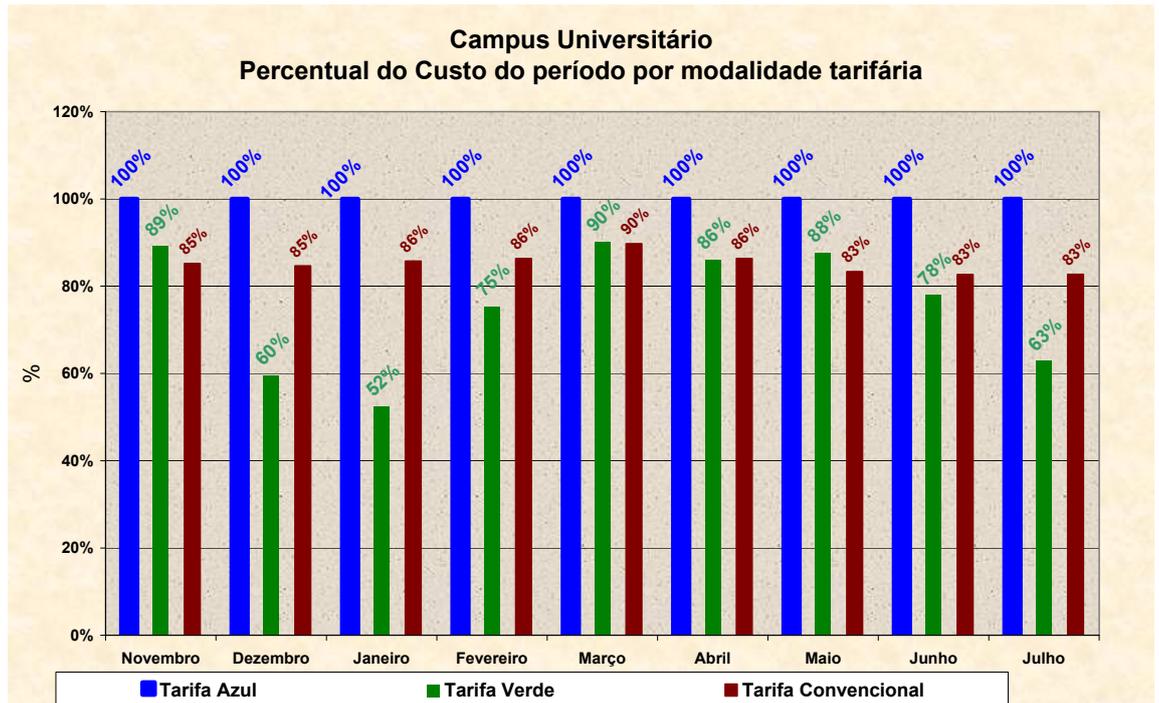


Figura 3.6 – Variação do percentual do custo do período por modalidade tarifaria– Campus Universitário.

O dia determinado como o mais crítico quanto ao consumo e demanda máxima registrada ocorre nos dias de quarta-feira, conforme mostrada na figura 3.7.

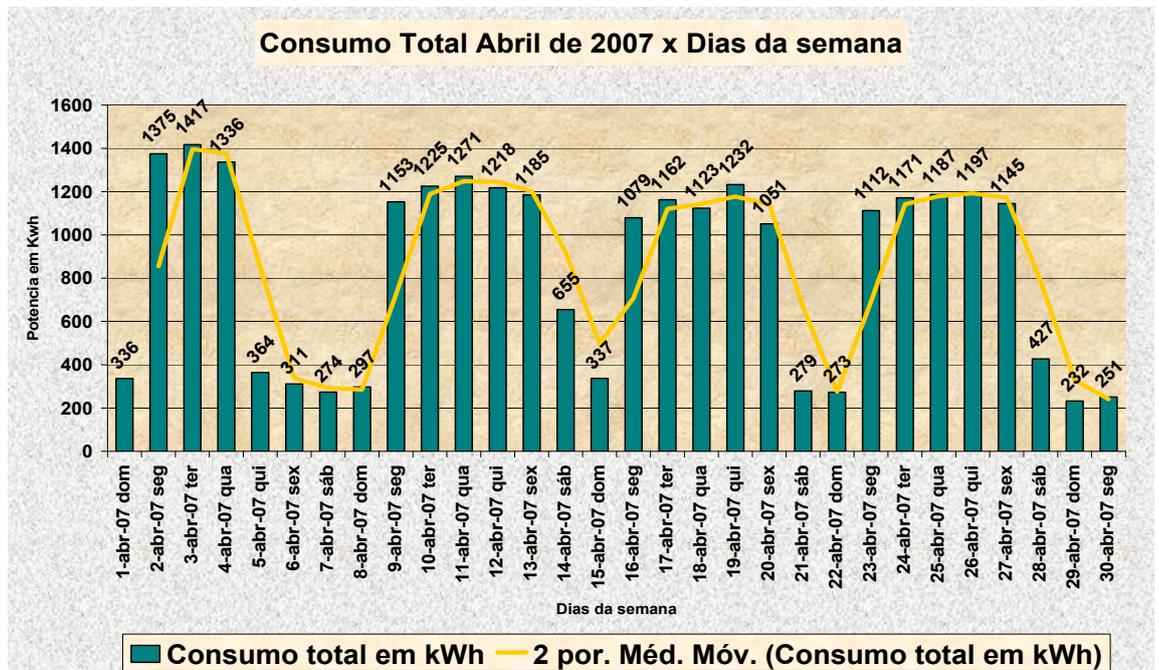


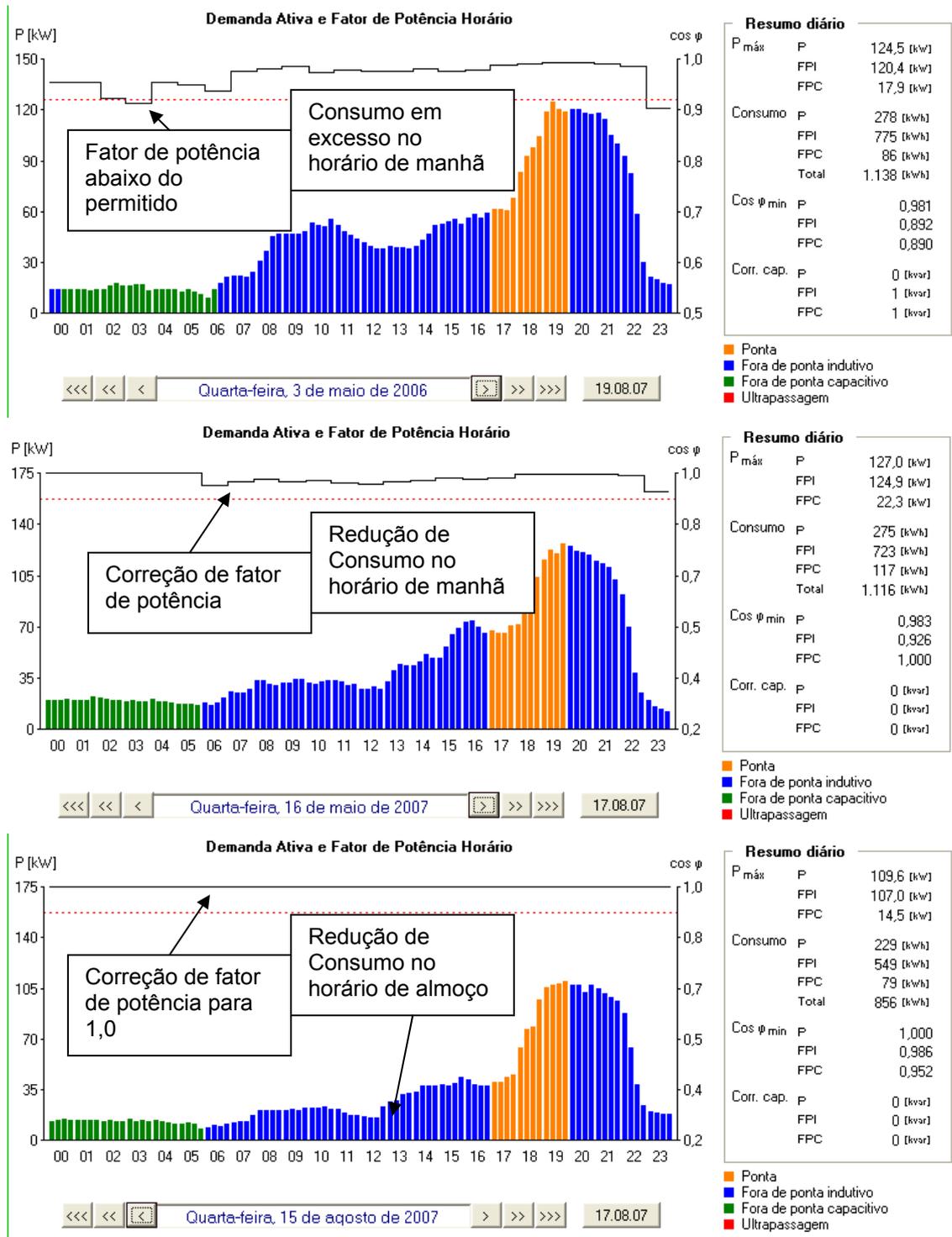
Figura 3.7 – Consumo Total mês de abril/07 x dias da semana - Campus Universitário.

Observa-se, também, a uniformidade do consumo pelos dias de semana, no caso dos dias com aulas e nos fins de semana, que não têm aulas. Outro fato relevante mostrado é o consumo total nos dias semanais, com valores próximos a 1.150kWh por dia. Ao comparar-se os dias típicos, antes e após o gerenciamento energético, tomando o dia típico de quarta-feira, do mês de maio de 2006, maio de 2007 e agosto de 2007, pode-se considerar:

- Os níveis máximos de demanda registrada sofreram uma queda significativa, com o valor inicial de 156,5 no mês de maio de 2006, reduzindo-se para 124,5kW em maio de 2007 e para 109,6kW em agosto de 2007.
- O fator de potência teve seus valores mínimos de 0,898 em maio de 2006, atingindo 0,926 em maio de 2007 e chegando a 1,00 em agosto de 2007.
- A queda dos valores de consumo nos horários de ponta, fora de ponta indutivo e capacitivo foram bem significativos, atingindo valores de cerca de 80% de seus valores iniciais.

A análise de consumos mensais de unidades de ensino deve ser cuidadosa, pois estes dados provavelmente não estarão padronizados para períodos de 30 dias. Este fato se deve às aulas serem em regimes semestrais, com meses de férias escolares e recessos. O uso da ferramenta de gerenciamento energético ajuda na definição dos consumos típicos para dias de semana, sábados e domingos e sua faixa de consumo em kWh. Este índice aponta dias atípicos, com eventos e atividades que podem aumentar o consumo específico.

As variações anuais no consumo de energia também podem ser explicadas pelas variações das temperaturas médias de verão e inverno (GUGLIELMETTI – 2002). As variações percebidas referem-se ao uso de equipamentos de ar condicionado e ventiladores em sala de aula.



**Figura 3.8** – Comparativo entre as curvas de cargas diárias do dia típico de quarta-feira, em maio de 2006, maio de 2007 e agosto de 2007 - Campus Universitário.

A análise do consumo do sistema de ventilação e ar condicionado, variável com a temperatura, mostra que enquanto os outros equipamentos, principalmente a iluminação, têm consumo constante ao longo do ano, estes variam linearmente com a temperatura externa.

Ao comparar-se os dias típicos, antes e após o gerenciamento energético, percebe-se a diminuição dos consumos nos horários diários e por período de utilização, sendo os ganhos reais atingidos com a diminuição do valor global da energia pela unidade de ensino.

O uso do banco de capacitor para correção da energia reativa apresentou ganhos quanto às perdas e quedas de tensão observados e apontados pelos usuários do campus. Estes pontos foram percebidos pela melhoria apresentada pela intensidade luminosa de algumas luminárias, a diminuição de ruídos nos sistemas de bombeamento de água e na diminuição da temperatura nos quadros de cargas do campus.

Finalmente, é importante destacar as iniciativas e o monitoramento da unidade de ensino para a melhoria da eficiência energética em estudo, sendo elas:

- Promover campanhas permanentes de caráter educativo direcionada aos funcionários, alunos e professores de maneira a buscar o seu engajamento no processo de gerenciamento energético eficiente do campus;
- Acompanhar mensalmente, semanalmente e diariamente a evolução dos consumos específicos e os custos específicos com os índices mensais e as metas a serem atingidas;
- Manter a eficiência das instalações atuais de forma sistemática e em períodos determinados ao longo do ano.

## 4 INDÚSTRIAS DE RAÇÕES

### 4.1 Características gerais

A unidade de objeto deste estudo caracteriza-se por uma indústria de fabricação de rações animais situada na cidade de Bom Despacho, Minas Gerais.

O estudo foi baseado nas informações fornecidas pelo consumidor e em medições e observações dos parâmetros elétricos da instalação através do sistema de monitoramento de energia.

A primeira etapa deste diagnóstico é caracterizar o regime de operação da indústria e as suas particularidades quanto ao consumo de energia elétrica. Este diagnóstico é feito através de uma visita à indústria e a determinação do sistema de operação e processos industriais e o uso final da energia elétrica.

As características da indústria são as seguintes:

- A indústria tem seu regime de trabalho em regime de 24 horas diárias;
- A utilização dos motores do sistema de moagem influencia no valor de sua demanda medida, com picos ao longo do dia. O processo industrial requer a operação de grandes motores por intervalos de curta duração (cerca de 2 a 3 horas ligadas por 1 hora desligado);
- O consumo na hora de ponta é igual ao consumo nos outros horários.

## 4.2 Consumo de energia elétrica

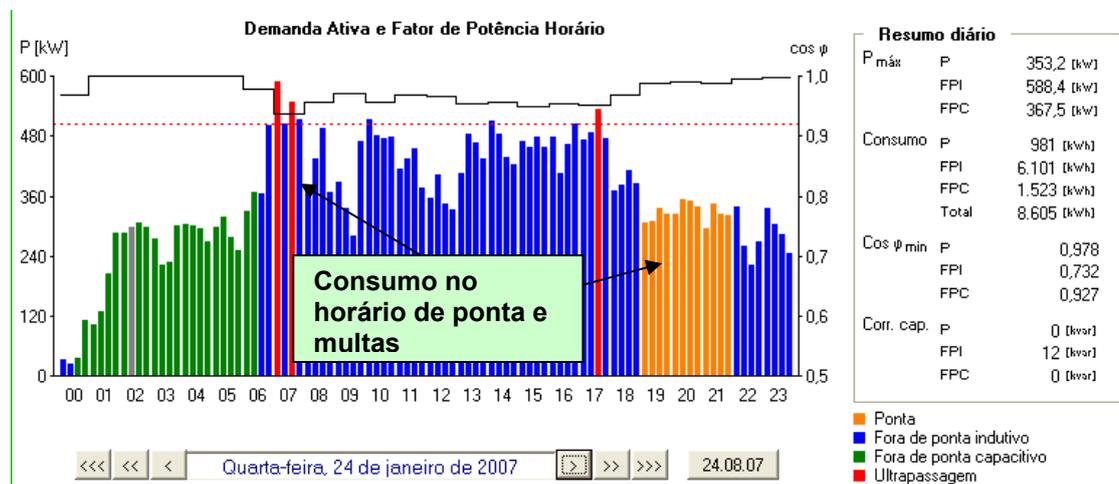
A classificação tarifaria vigente para o consumidor, conforme dados constante nas contas de energia elétrica são:

Tarifa:.....	Verde
Classe de Tensão:.....	A4
Concessionária:.....	CEMIG
Contas de Energia Analisadas.....	Jan./2007 a Ago./2007
Alíquota de ICMS:.....	18%

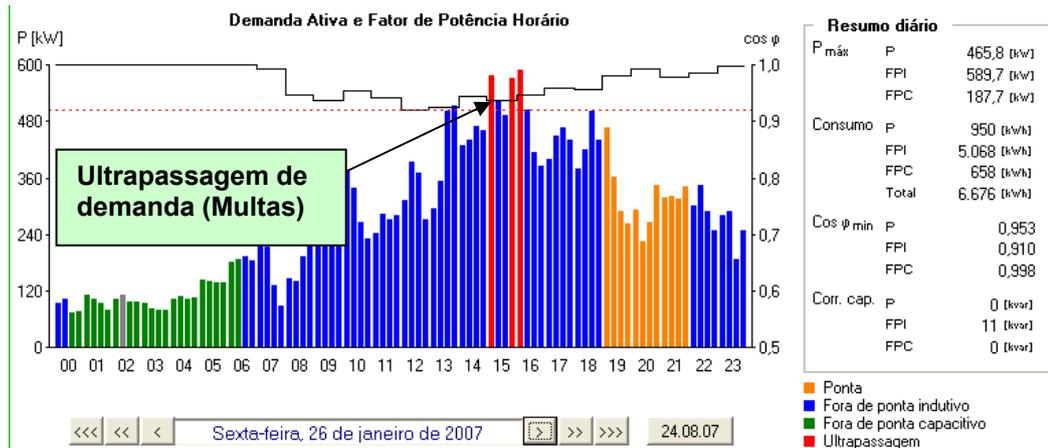
## 4.3 Análise das tarifas utilizadas e curva de carga

A curva de carga inicial para a indústria de rações, mostrada na **figura 4.1** e **figura 4.2**, caracteriza a situação e o perfil deste consumidor.

As cores na curva de carga diária referem-se ao horário de fora de ponta capacitivo, na cor verde, fora de ponta indutivo, na cor azul, hora de ponta, na cor laranja e na cor vermelha, valores que ultrapassaram a demanda contratada.



**Figura 4.1** – Curva de carga inicial, dia típico de quarta-feira, 24 de janeiro de 2007.



**Figura 4.2** – Curva de carga inicial, dia típico de sexta-feira, 26 de janeiro de 2007.

A análise da curva de carga indica o consumo e o acúmulo das cargas em períodos do dia, o que acarreta a ultrapassagem da demanda contratada, indicada pela cor vermelha na curva de carga.

Observa-se o baixo consumo no horário noturno e o aparecimento de picos e consumo elevado em intervalos de tempo menores que 30 minutos ao longo do dia.

Na **tabela 4.3**, é apresentada a análise da conta de energia para o período de medição inicial de 23 de janeiro de 2007 a 28 de fevereiro de 2007, com os valores em reais, o consumo e as faturas de energia.

Período de análise		
Duração	23.01.2007 - 10:45 à 28.02.2007 - 00:00	
Dias úteis	Período de análise inicial da conta de energia Elétrica	26
Sábados		5
Domingos		5
Faturas		
Valor total - Azul	Classificação da fatura por posto horário, em Reais.	70.470,88 R\$
Valor total - Verde		59.349,88 R\$
Valor total - Convencional		76.163,71 R\$
Valor total - Especial		37.976,11 R\$
Custo médio - Azul		0,3846 R\$/KWh
Custo médio - Verde		0,3239 R\$/KWh
Custo médio - Convencional		0,4157 R\$/KWh
Custo médio - Especial		0,2073 R\$/KWh
Fc - Ponta	Fator de carga da Indústria de Rações	46,9 %
Fc - Fora de ponta		36,1 %
Fc - Geral		36,5 %

**Figura 4.3** – Período de análise da conta de energia período base Fevereiro de 2007: Horário de ponta no intervalo das 19:00hs até as 22:00hs.

Na **figura 4.4**, observa-se o valor máximo alcançado no horário fora de ponta capacitivo, compreendido entre as 00:00hs até as 06:00hs, de 387,7kW, confirmando a baixa produção no horário noturno.

A análise do fator de carga e o consumo no horário de ponta informam que existe uma queda de consumo nos horários fora de ponta, acarretando um acúmulo ao longo do dia. Este fato ocasiona a produção no horário de ponta, onde o custo da energia é mais elevado.

### Demanda máxima

Dias úteis	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)
Sábados	495,2 kW	(17.02.07 às 08:00)
Domingos	226,0 kW	(18.02.07 às 09:15)
Ponta	509,9 kW	(26.02.07 às 19:15)
Fora de ponta indutivo	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)
Fora de ponta capacitivo	387,7 kW	(01.02.07 às 03:30)
Total	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)

**Demanda máxima no período noturno**

**Figura 4.4** – Análise da demanda máxima - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

### Análise de Demanda

#### Resumo

Período de análise	23.01.2007 - 10:45 à 28.02.2007 - 00:00	
Dias úteis	<b>Demanda máxima próxima ao horário de ponta</b>	26
Sábados		5
Domingos		5
Demanda máxima dias úteis	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)
Demanda máxima sábados	495,2 kW	(17.02.07 às 08:00)
Demanda máxima domingos	226,0 kW	(18.02.07 às 09:15)
Demanda máxima P	509,9 kW	(26.02.07 às 19:15)
Demanda máxima FP-I	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)
Demanda máxima FP-C	387,7 kW	(01.02.07 às 03:30)
Demanda máxima geral	589,7 kW	(26.01.07 às 16:15)

#### Demanda máxima semanal

Semana	Demanda máxima [kW]							Semanal
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	
23.01 - 27.01	-	-	418,7	588,4	499,0	589,7	400,3	589,7 (100%)
28.01 - 03.02	16,4	515,3	579,2	538,4	499,4	513,2	331,4	579,2 (98,2%)
04.02 - 10.02	16,4	531,7	531,7	454,9	525,8	527,5	377,6	531,7 (90,2%)
11.02 - 17.02	13,9	498,5	522,9	529,2	499,4	483,8	495,2	529,2 (89,7%)
18.02 - 24.02	226,0	506,1	333,9	419,6	522,9	423,8	487,6	522,9 (88,7%)
25.02 - 27.02	14,3	509,9	482,8	-	-	-	-	509,9 (86,5%)
<b>Geral</b>	<b>226,0</b> (38,3%)	<b>531,7</b> (90,2%)	<b>579,2</b> (98,2%)	<b>588,4</b> (99,8%)	<b>525,8</b> (89,2%)	<b>589,7</b> (100%)	<b>495,2</b> (84,0%)	<b>589,7</b> (100%)

**Dia com maior demanda é a QUARTA-FEIRA**

**Figura 4.5** – Análise da demanda semanal - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007: Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

Consumo			
Dias úteis		166.493 kWh	(90,9%)
Sábados		14.185 kWh	(7,7%)
Domingos		2.544 kWh	(1,4%)
Ponta		18.652 kWh	(10,2%)
Fora de ponta indutivo		131.727 kWh	(71,9%)
Fora de ponta capacitivo		32.843 kWh	(17,9%)
Total		183.223 kWh	(100,0%)

**Consumo por horário:**  
**Ponta: 10,2%**  
**Fora de Ponta Indutivo: 71,9%**  
**Fora de Ponta Capacitivo: 17,9%**

**Figura 4.6** – Análise do consumo - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007  
Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

Os percentuais de consumo nos horários de ponta, fora de ponta capacitivo e indutivo, permitem calcular o consumo específico e o custo específico por posto horário (HANSEN – 1998).

Esta informação possibilita a tomada de decisões sobre o aumento ou não da produção durante o período noturno e a alocação das maiores cargas para este período, ocasionando uma folga programada da produção ao longo do dia, no horário das 06:00hs até o início do horário de ponta.

Este processo de mudança das metas de produção no período noturno ocorreu de forma gradativa, com uma palestra informativa, o treinamento e conscientização dos operadores. O sistema de informação de energia auxiliou no treinamento da equipe noturna e no monitoramento deste período.

## Tarifa Verde

Unidade consumidora <b>INPROVETER COM GERENCIADORE DE ENERGIA</b>						
Concessionária <b>Cemig</b>						
Tarifa - Grupo <b>Horo-sazonal Verde - A4</b>						
		Período <b>Útilido</b>	Leitura anterior <b>23.01.2007 - 10:45</b>	Leitura atual <b>28.02.2007 - 00:00</b>		
Medição		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa	Valores (R\$)
Demanda - P	(kW)	509,9				
Demanda - FPI	(kW)	589,7				
Demanda - FPC	(kW)	387,7				
Energia ativa - P	(kWh)	18.652,3				
Energia ativa - FPI	(kWh)	131.727,0				
Energia ativa - FPC	(kWh)	32.843,4				
Energia ativa - FP	(kWh)	164.570,4				
Energia ativa - Total	(kWh)	183.222,7				
Energia reativa - P	(kvarh)	2.200,0				
Energia reativa - FPI	(kvarh)	31.564,3				
Energia reativa - FPC	(kvarh)	3.603,9				
Energia reativa - FP	(kvarh)	35.168,2				
Energia reativa - Total	(kvarh)	37.368,1				
Fator de carga - P		46,9%				
Fator de carga - FPI		39,6%				
Fator de carga - FPC		40,3%				
Fator de carga - FP		36,1%				
Fator de carga - Global		36,5%				
<b>Fornecimento</b>						
Demanda contratada	(kW)		480,0			
Demanda faturada	(kW)			480,0	13,88000	6.662,40
<b>Ultrapassagem de demanda</b>	(kW)			109,7	41,64000	4.567,08
<b>Consumo ativo - P</b>	(kWh)			18.652,3	1,06976	19.953,49
Consumo ativo - FPI	(kWh)			131.727,0	0,14543	19.157,06
Consumo ativo - FPC	(kWh)			32.843,4	0,14543	4.776,41
Demanda reativa excedente	(kW)			0,0	13,88000	0,00
Energia reativa excedente - P	(kWh)			0,0	1,06976	0,00
Energia reativa excedente - FPI	(kWh)			238,5	0,14543	34,69
Energia reativa excedente - FPC	(kWh)			1.753,2	0,14543	254,96
<b>Encargos e taxas</b>						
ECE	(kWh)			185.214,4	0,00000	0,00
EAEED	(kWh)			185.214,4	0,00000	0,00
Taxa de Iluminação Pública						0,00
<b>Impostos</b>						
PIS	(aliquota de 0,0% , taxa efetiva de 0,0%)					0,00
COFINS	(aliquota de 1,2% , taxa efetiva de 1,3%)					703,30
ICMS	(aliquota de 5,5% , taxa efetiva de 5,8%)					3.240,50
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas						
<b>Total da fatura</b>						<b>59.349,88</b>

Ultrapassagem da  
demanda contratada  
(Multa)

Custo Hora  
Ponta:  
R\$ 19.953,49

**Figura 4.7** – Conta de energia tarifa Verde - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007: Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

O consumo relacionado pelos dias da semana, divididos em dias úteis, sábados e domingos fornece dados para calcular o consumo específico deste período de medição.

**Consumo específico por dia de semana:**

$$\text{C.E.D.U (kWh/dia útil)} = \frac{\text{consumo dias úteis}}{\text{Dias úteis}} \quad (4.1)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.D.U (kWh/dia útil)} = \frac{166.493 \text{ kWh}}{26 \text{ dias úteis}} = 6.403,58 \text{ [kWh/dia útil]}$$

**Consumo específico por dia de sábado:**

$$\text{C.E.D.S (kWh/dia sábado)} = \frac{\text{consumo dias de sábado}}{\text{Dias de sábado}} \quad (4.2)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.D.S (kWh/dia Sábado)} = \frac{14.185 \text{ kWh}}{5 \text{ sábados}} = 2.837,0 \text{ [kWh/Sáb]}$$

**Consumo específico por dia de domingo:**

$$\text{C.E.D.D (kWh/dia Domingo)} = \frac{\text{consumo dias domingo}}{\text{Dias domingo}} \quad (4.3)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.D.D. (kWh/dia Domingo)} = \frac{2.544 \text{ kWh}}{5 \text{ Domingos}} = 508,80 \text{ [kWh/Dom]}$$

O consumo relacionado pelos horários de ponta e fora de ponta, capacitivo e indutivo, fornece os dados para calcular o consumo específico por posto horário, neste período de medição.

Os dados sobre o consumo por horário de ponta e fora de ponta, capacitivo e indutivo, são fornecidos pelo sistema de gerenciamento de energia. Observa-se que a quantidade de horas por dia varia em relação ao período de ponta e fora de ponta, importantes para o cálculo do consumo específico (PROCEL – 2005d).

- Hora de ponta – medida em três horas diárias somente nos dias úteis da semana, exceto feriados nacionais.
- Hora fora de ponta capacitivo – medida do período das 0:00 hs até as 06:00 hs, em todos os dias do período analisado.
- Hora fora de ponta indutivo nos dias de sábado e domingo – 18 horas diárias.
- Hora fora de ponta indutivo nos dias úteis – 15 horas diárias.

**Consumo específico por hora de ponta:**

$$\text{C.E.H.F. (kWh/H.F.)} = \frac{\text{Consumo H.F.P}}{\text{Dias úteis x 3 horas}} \quad (4.4)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.H.P. (kWh/Horas ponta)} = \frac{18.652 \text{ kWh}}{26 \text{ dias x 3 h}} = 239,13 \text{ [kW/hora]}$$

**Consumo específico por hora Fora de ponta Capacitivo:**

$$\text{C.E.H.F.P.C (kWh/horas F.P.C)} = \frac{\text{consumo H.F.P.C.}}{\text{Dias Totais x 6 horas}} \quad (4.5)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.H.F.P.C.(kWh/Horas ponta)} = \frac{32.843 \text{ kWh}}{36 \text{ dias x 6 h}} = 152,05 \text{ [kW/hora]}$$

**Consumo específico por hora Fora de ponta Indutivo:**

$$\text{C.E.H.F.P.I (kWh/horas F.P.I)} = \frac{\text{consumo H.F.P.I.}}{(\text{Dias Úteis} \times 15 \text{ horas}) + (\text{Sábados} \times 18 \text{ horas}) + (\text{Domingos} \times 18 \text{ horas})} \quad (4.6)$$

**Logo, tem-se:**

$$\begin{aligned} \text{C.E.H.F.P.I.} &= \frac{131.727 \text{ kWh}}{(26 \times 15 \text{ h}) + (5 \times 18 \text{ h}) + (5 \times 18 \text{ h})} = \frac{131.727}{570} = 231,10 \text{ [kW/hora]} \\ \text{(kWh/Horas F.P.I.)} & \end{aligned}$$

**Consumo total específico por horas totais:**

$$\text{C.E.Total (kWh/h)} = \frac{\text{Consumo Total}}{\text{Dias totais} \times 24 \text{ horas}} \quad (4.7)$$

**Logo, tem-se:**

$$\text{C.E.Total (kWh/h)} = \frac{183.223 \text{ kWh}}{36 \text{ dias} \times 24 \text{ h}} = 212,06 \text{ [kW/hora]}$$

No **quadro 9**, são mostrados os índices de análise inicial da instalação e os parâmetros que se deve tomar como referência inicial.

<b>Índices de referência</b>	<b>Valores iniciais</b>
Consumo específico por dia de semana	6.403,58 [kWh/dia útil]
Consumo específico por dia, sábado.	2.837,0 [kWh/sáb]
Consumo específico por dia, domingo.	508,80 [kWh/dom]
Consumo específico por hora de ponta	239,13 [kWh/hora]
Consumo específico por hora Fora de ponta Capacitivo	152,05 [kWh/hora]
Consumo específico por hora Fora de ponta Indutivo	231,10 [kWh/hora]
<b>Consumo TOTAL médio (durante 1 mês) por hora</b>	<b>212,06 [kWh/hora]</b>

**Quadro 9** - Índices de referência da conta de energia período base Fevereiro de 2007:

Horário de ponta das 19:00hs até às 22:00hs

#### 4.4 Utilização no horário de ponta

A alternativa da tarifa verde oferece benefícios com relação aos incentivos para a tarifa fora do horário de ponta. O estudo para a utilização desta tarifa remete a itens a serem estabelecidos para seu benefício e diminuição do custo da energia para a indústria.

- A alteração do horário de ponta para o período das 18:00hs as 21:00hs;
- O uso de gerenciador de demanda para a sinalização para os períodos de picos de consumo e a modulação de cargas nos horários de ponta;
- A instalação de um banco de capacitores para melhorar o fator de potência da instalação;
- A configuração e monitoramento dos motores de maiores potências para que sejam observados no momento de início de sua utilização, principalmente quanto à corrente de partida.

Observa-se que para os valores do montante relativo a um período de medição de 30 dias, a tarifa verde é a que apresenta menor custo.

Para os valores pagos e a relação com o consumo nos horários de ponta e fora de ponta, observa-se a diferença de 5 vezes a mais do valor pago pela hora de ponta.

Esta relação leva às seguintes conclusões:

- 24% do consumo total equivalem a um valor pago de 76% da conta mensal de energia na tarifa verde.
- As multas por excesso da demanda são da ordem de 117% de sua demanda atual contratada, que é de 450kW. Este valor pode ser aumentado para 550kW, com a instalação do gerenciador de demanda para evitar mais multas por esta ultrapassagem.

Observa-se que os custos discriminados nas três modalidades, convencional, azul e verde, apresentam a tarifa verde com menor valor, em reais. Esta tarifa é a mais viável para o consumidor.

#### 4.5 Análise do fator de potência e energia reativa

Em indústrias é comum ter-se circuitos e ampliações sem um projeto detalhado ou mesmo sem o acompanhamento das potências das cargas a serem ligadas. Este fato ocasiona um aumento considerável das perdas e o aquecimento destes circuitos projetados de forma incorreta.

Na análise do fator de potência da instalação, observada pela **figura 4.8**, pode-se observar o baixo fator de potência registrado na indústria.

##### Análise de Fator de Potência

###### Resumo

Período de análise 23.01.2007 - 10:45 à 28.02.2007 - 00:00

Dias úteis	26
Sábados	5
Domingos	5

FP mínimo dias úteis	0,898	(20.02.07 às 02:15)
FP mínimo sábados	0,547	(03.02.07 às 05:15)
FP mínimo domingos	0,098	(25.02.07 às 00:15)
FP mínimo P	0,948	(26.02.07 às 19:30)
FP mínimo FP-I	0,089	(19.02.07 às 00:15)
FP mínimo FP-C	0,105	(04.02.07 às 06:00)
FP mínimo geral	0,089	(19.02.07 às 00:15)

Fator de potência  
abaixo do  
recomendado

###### Fator de potência mínimo semanal

Semana	Fator de potência mínimo							Semanal
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	
23.01 - 27.01	-	-	0,000	0,732	0,947	0,910	0,930	0,732
28.01 - 03.02	0,141	0,186	0,928	0,928	0,953	0,886	0,547	0,141
04.02 - 10.02	0,105	0,183	0,935	0,661	0,945	0,911	0,954	0,105
11.02 - 17.02	0,159	0,178	0,938	0,639	0,857	0,816	0,597	0,159
18.02 - 24.02	0,107	0,089	0,898	0,339	0,892	0,949	0,917	0,089
25.02 - 27.02	0,098	0,095	0,905	-	-	-	-	0,095
<b>Geral</b>	<b>0,098</b>	<b>0,089</b>	<b>0,898</b>	<b>0,339</b>	<b>0,857</b>	<b>0,816</b>	<b>0,547</b>	<b>0,089</b>

**Figura 4.8** – Análise do fator de potência - Período de análise da conta de energia Fevereiro de 2007: Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

#### 4.6 Potenciais de economia

A instalação e monitoramento das instalações e da medição global da indústria confirmam a existência do desperdício e da falta de treinamento dos envolvidos no processo e no consumo de energia elétrica.

A indústria não possui um gerenciamento de energia que proporcionasse a eliminação de multas e encargos em sua conta de energia mensal.

A instalação do gerenciamento de demanda em que os próprios funcionários e operadores puderam controlar sua demanda máxima contribuiu para a economia alcançada com o gerenciamento energético.

O sistema de controle da demanda é feito através de um sistema visual de lâmpadas que informa sobre o nível de demanda utilizado.

Exemplo:

DEMANDA CONTRATADA: 550kW

##### **PRIMEIRO NÍVEL DE ALARME: 495kW**

Quando a demanda alcança 495 kW, é acionada uma lâmpada amarela para advertência, chamando a atenção do operador.

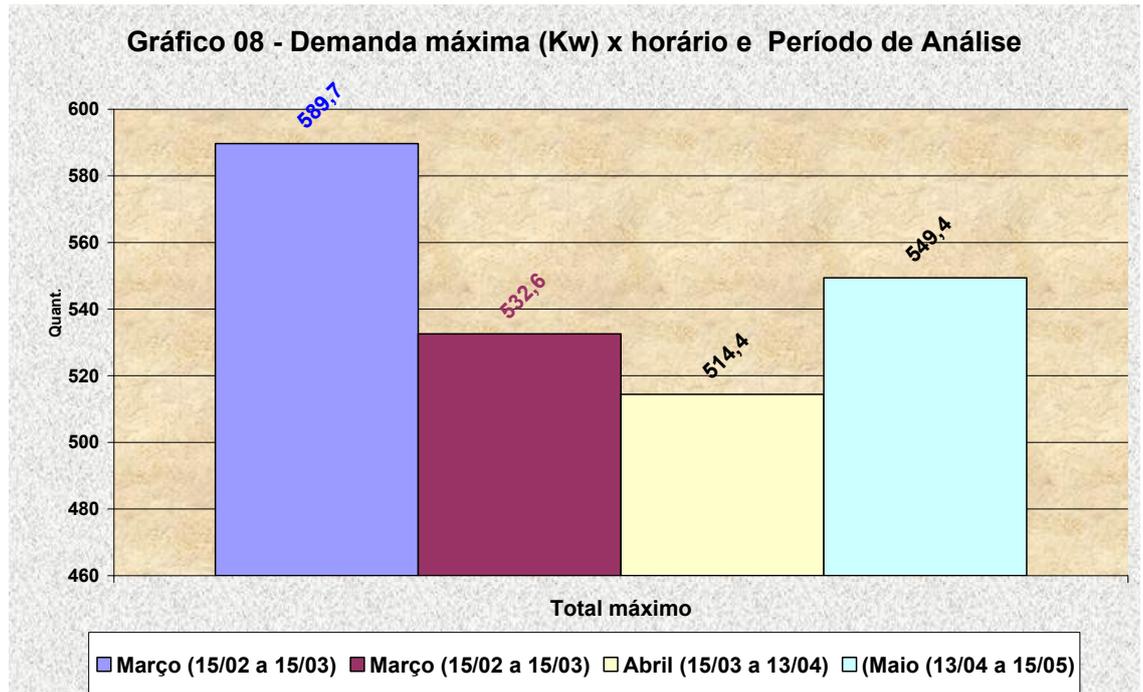
Neste momento, o operador identifica quais os possíveis equipamentos que podem ser desligados, ou que estão no final de seu processo de fabricação.

##### **SEGUNDO NÍVEL DE ALARME:**

Quando a demanda ULTRAPASSA 510 kW, é acionada uma lâmpada vermelha para sinalização, chamando a atenção do operador.

Neste momento o operador desliga os equipamentos para controle da demanda abaixo da demanda contratada.

Observa-se, na **figura 4.9**, que através deste controle, a demanda manteve-se dentro do valor contratado, de 550kW, não permitindo ultrapassagem deste valor.



**Figura 4.9** – Demanda máxima registrada - Período de análise Março/07 a Abril/07.

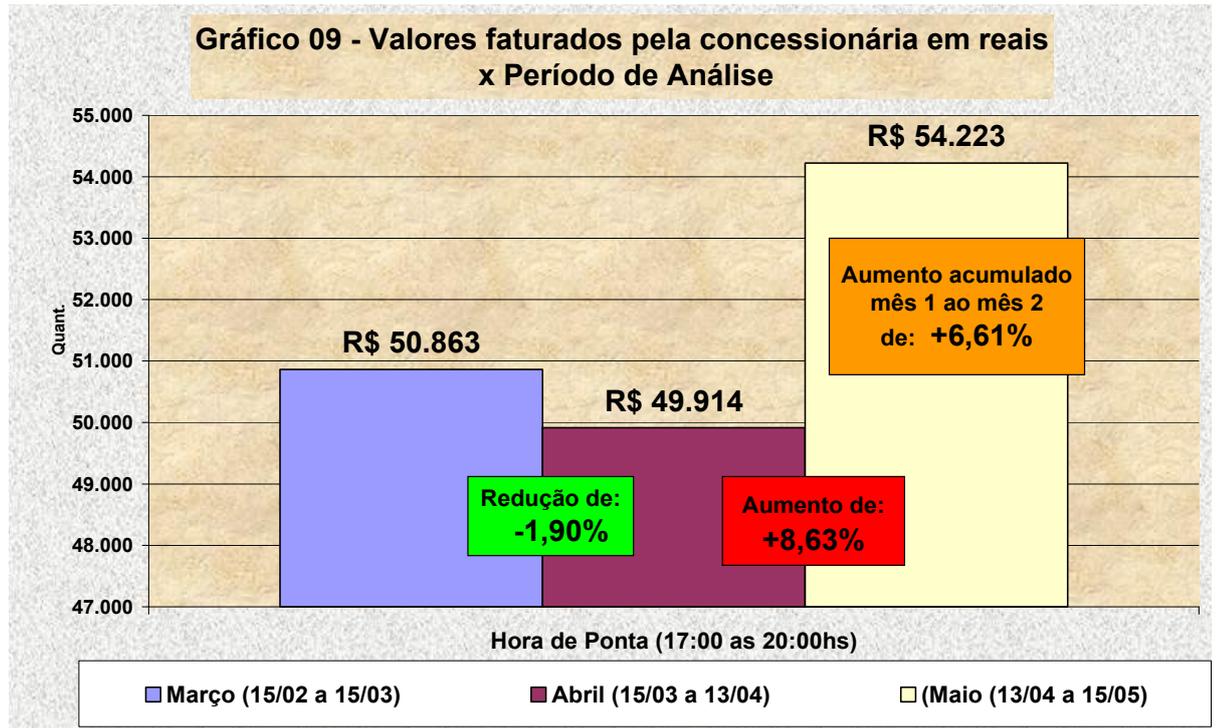
No mês de maio (13/04 a 15/05) foi chamada a atenção dos operadores sobre a proximidade do valor contratado e o uso correto das instruções de desligamento após a lâmpada vermelha ser acionada.

O aumento da produção no período noturno, das 22:00 até as 06:00hs do dia seguinte, mantendo os silos e reservatórios de ração cheios para liberar a demanda de energia para a produção de outros insumos.

Com esta meta, o uso da energia no período da manhã teve um decréscimo e facilitou a operação e controle da neste horário.

Na **figura 4.10**, observa-se que apesar do valor da conta de energia ter seu valor aumentado no último mês, no caso Maio de 2007, o seu valor médio teve um valor menor que nos meses anteriores. Esta média retrata o aumento da produção e o uso em horários e períodos com custo menor, em reais.

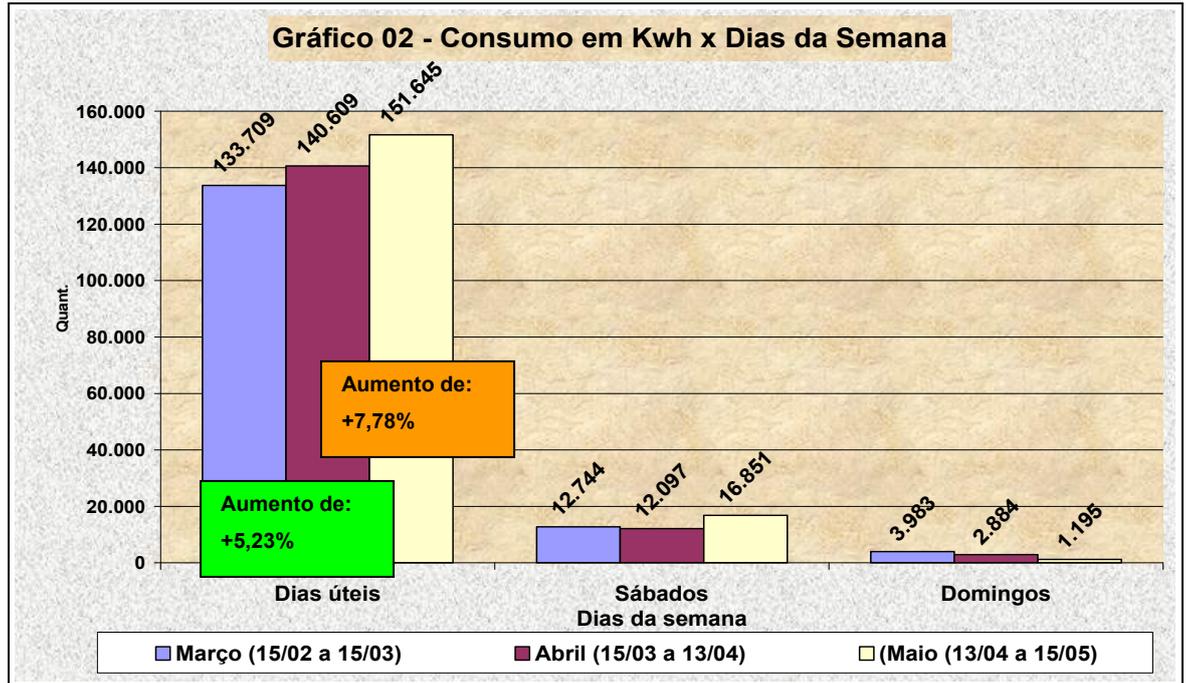
Este aumento de 6,61% do valor da conta de energia elétrica foi o resultado da variação do período de medição junto a concessionária. Neste intervalo, tivemos mais dias úteis e um período com 36 dias de medição em Maio/07, contra 29 dias de medição em março/07, exemplificados na **figura 4.10**.



**Figura 4.10** – Valores faturados pela concessionária, em Reais - Período de análise Março/07 a Abril/07.

Na **figura 4.11**, são apresentados os valores, em kWh, para a análise e determinação das economias mensais. Observa-se o aumento no consumo por dia de semana, e uma diminuição nos domingos, onde o custo com o funcionário é maior. Nos sábados, ocorreu também um aumento do consumo de energia.

Observa-se um aumento do valor do consumo de energia em kWh, principalmente nos dias úteis. Este aumento da produção elevou o consumo de 133.709kWh para 140.699 kWh e, finalmente, 151.645 kWh. Em percentuais, ocorreu um aumento entre Março/07 e Abril de 5,23% , em Abril/07 para Maio/07, um aumento de 7,78%. O aumento acumulado nestes três meses alcançou 13,41%.

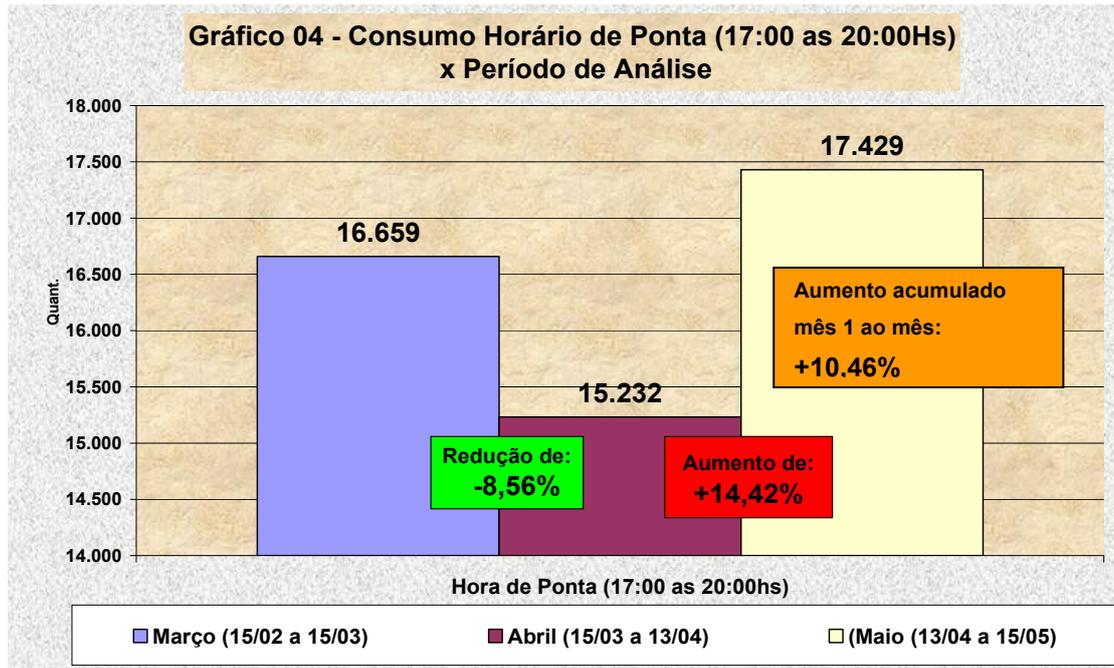


**Figura 4.11** – Consumo específico em kWh x dias da semana - Período de análise Março/07 a Abril/07.

A justificativa encontrada pela empresa é de efetuar as manutenções na fábrica na parte de tarde dos sábados e no horário de ponta, durante a semana, quando necessário.

O valor pago à concessionária teve também um aumento significativo, pois o consumo total aumentou em 13,41% e o consumo no horário de ponta aumentou em 10,46%, em relação ao primeiro mês.

Estes valores de aumento são apresentados na **figura 4.12**, com seus percentuais mensais e acumulados.

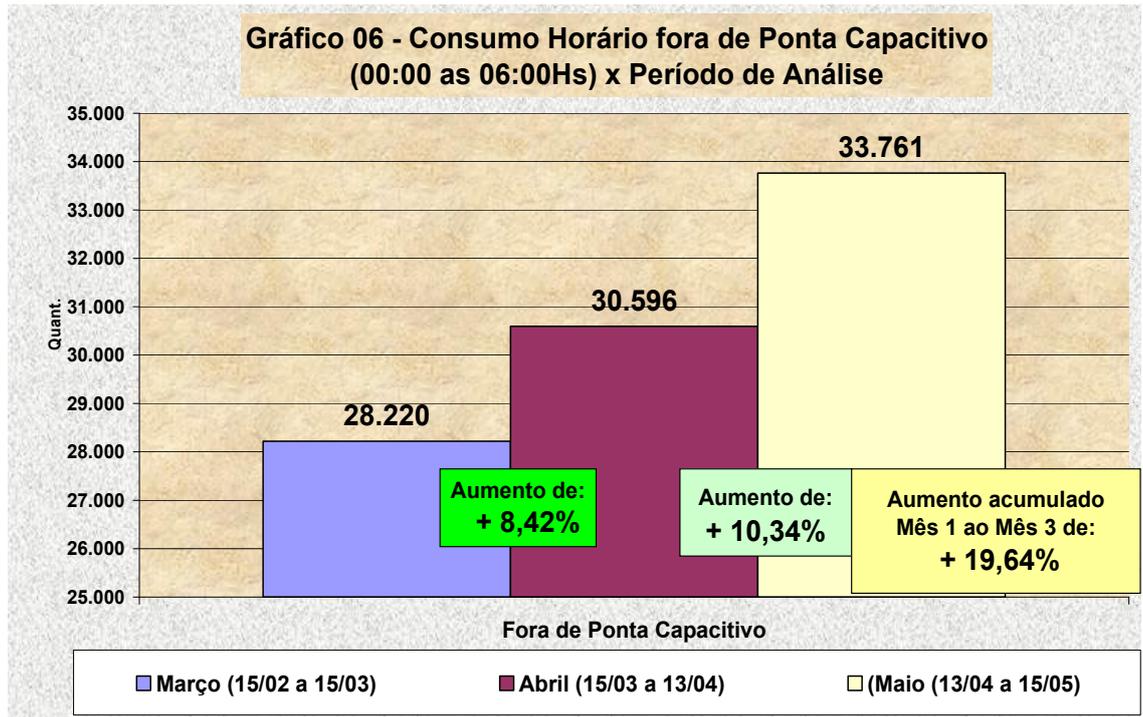


**Figura 4.12** – Consumo por horário de ponta x Período de análise Março/07 a Abril/07.

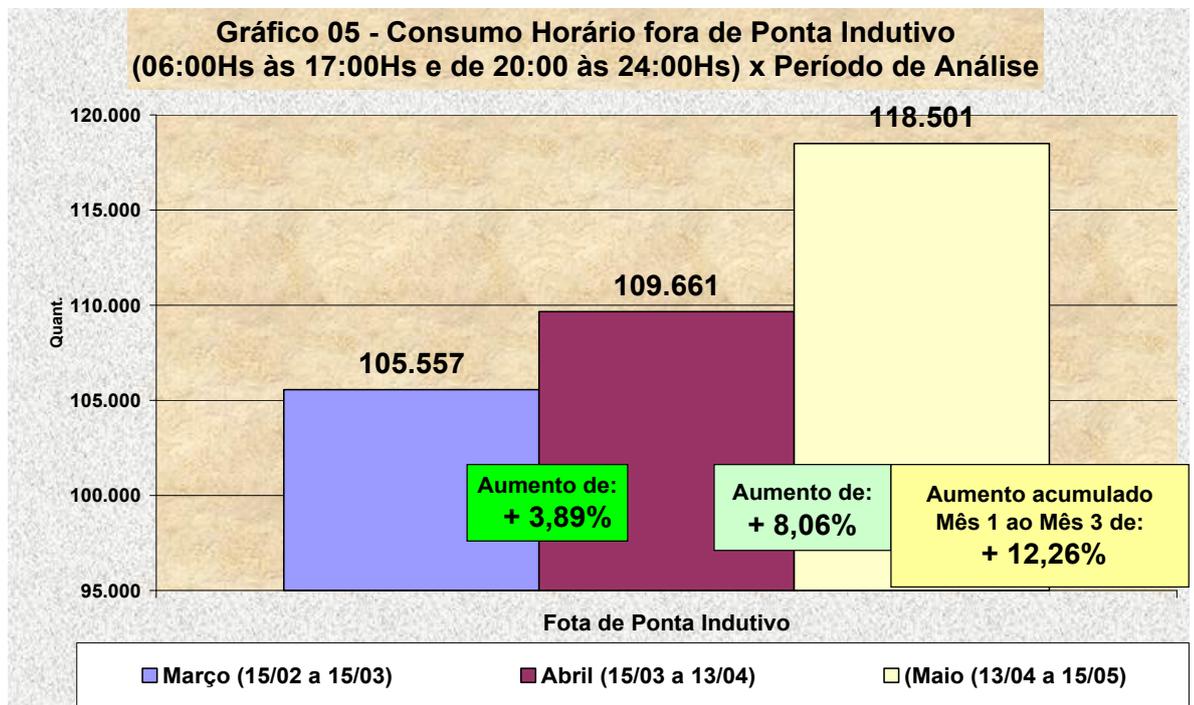
O valor da fatura da energia elétrica poderia ter sido ainda maior se for observado que o consumo no horário fora de ponta capacitivo, teve o maior aumento, entre os três postos horários.

A análise dos percentuais de aumento nos três postos horários, acumulados nos três meses aponta 19,64% para o horário de fora de ponta capacitivo ( das 00:00 às 06:00), de 12,26% no horário fora de ponta indutivo (das 06:00 às 19:00Hs) e de 10,46% para o horário de ponta.

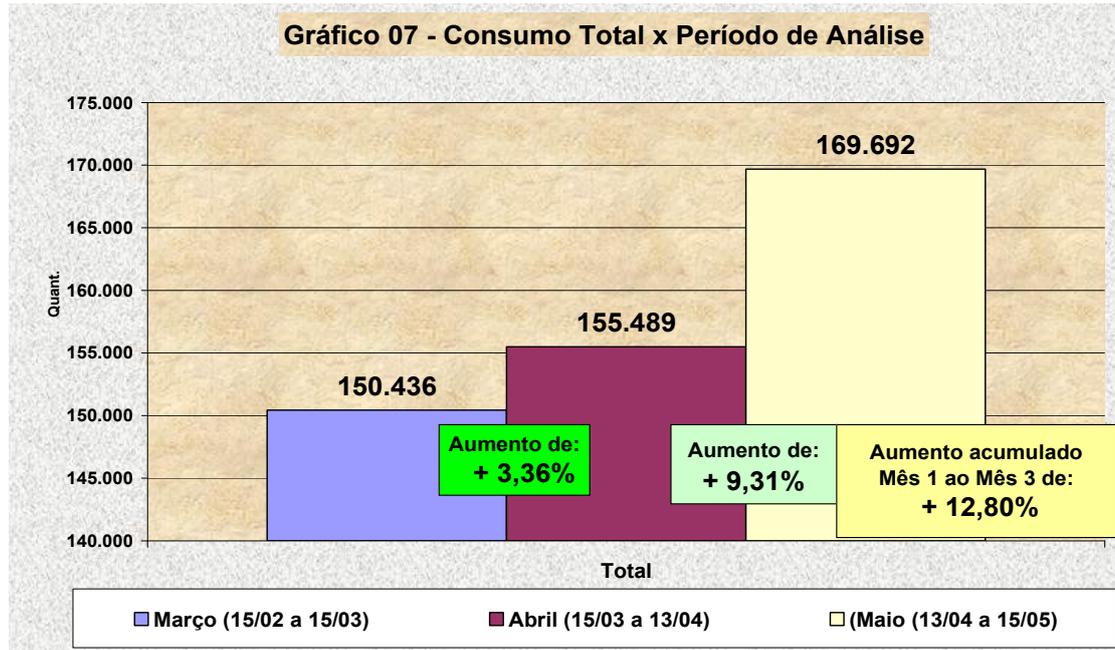
Os percentuais de aumento nos três postos horários indicam que, a meta de produzir mais no horário fora de ponta, nestes três meses, foi cumprida.



**Figura 4.13** – Consumo por horário fora de ponta capacitivo x Período de análise Março/07 a Abril/07.



**Figura 4.14** – Consumo por horário fora de ponta Indutivo x Período de análise Março/07 a Abril/07.



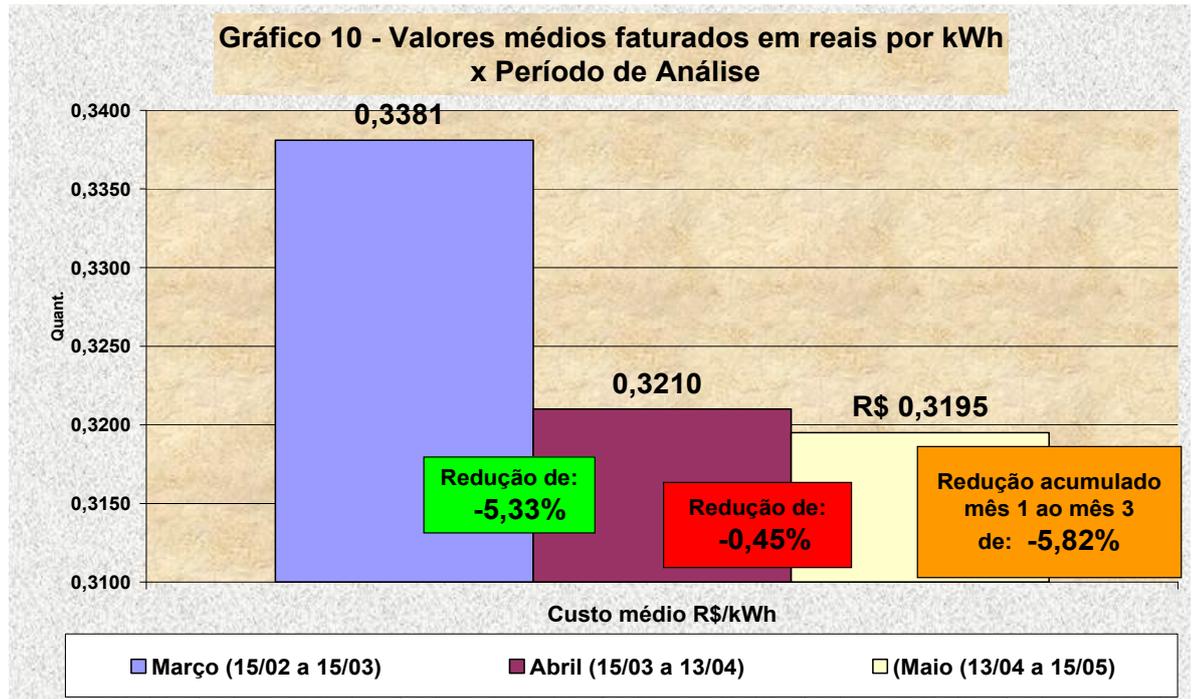
**Figura 4.15** – Consumo total x Período de análise Março/07 a Abril/07.

Na **figura 4.16** observa-se o valor nestes três meses de análise do custo médio da energia pela indústria.

Os índices de aumento da produção, por posto horário, são também percebidos pelo crescimento total do consumo de energia pela indústria. Este índice de 12,8% acumulado retrata o aumento do consumo geral da indústria.

A análise dos valores médios faturados em reais por kWh, mostrado na **figura 4.16** indica que se obteve uma diminuição dos valores de custo médio, no período.

Este índice mostra a eficiência energética obtida pelo gerenciamento energético da empresa, visando a economia real dos valores pagos pela indústria à concessionária de energia.



**Figura 4.16** – Valores médios faturados, em Reais por kWh - Período de análise Março/07 a Maio/07.

Este índice geral da indústria apresenta um valor global faturado pela concessionária. É necessário avaliar os valores individuais discriminados e mostrados pela fatura de energia, pois multas e ultrapassagem da demanda pode influenciar neste valor. Em contra partida, este índice indica um valor de eficiência já alcançado no mês de maio de 2007, com a redução acumulada de 5,82%.

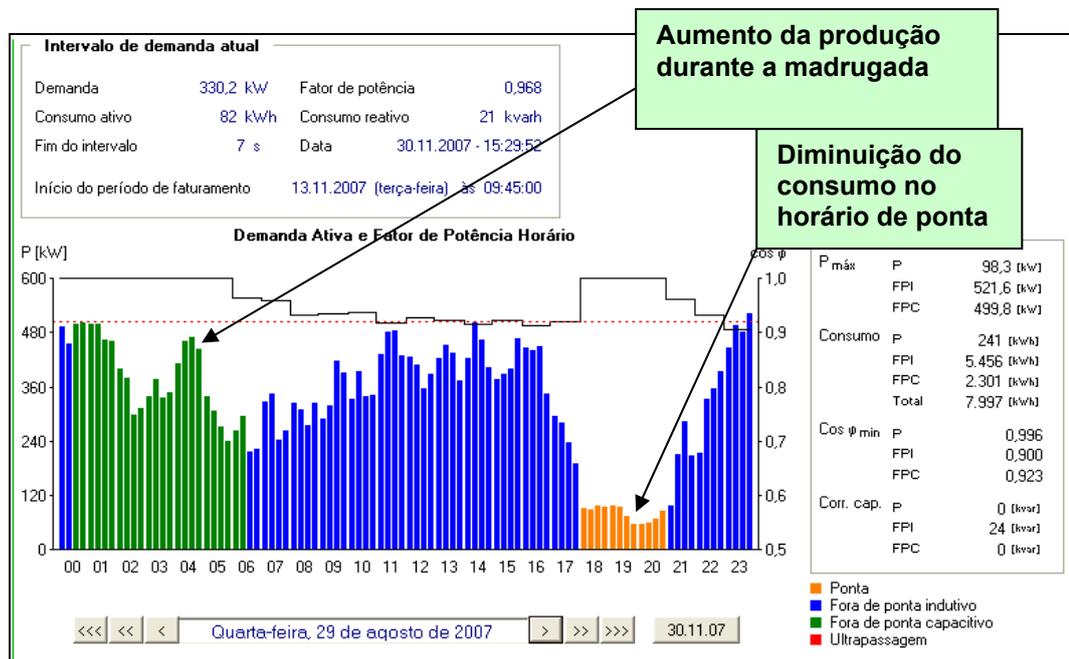
A indústria produziu mais produtos em sua unidade fabril, mas também, consumiu mais energia da concessionária, com maior eficiência e uso racional ao longo do dia. A produção noturna contribuiu significativamente para esta redução do índice geral do custo médio, em reais por kWh.

#### 4.7 Análise energética após o retrofit

A **figura 4.17** mostra a curva típica de um dia de produção na indústria, com o funcionamento do sistema de monitoramento de energia, depois de implementadas as metas e o treinamento dos operadores e funcionários envolvidos no processo industrial.

O período de análise inicial, feita no mês de março, permite comparar e adequar as particularidades e aumento da conscientização do pessoal envolvido no processo.

O mês de análise final, com fechamento da conta de energia em agosto de 2007, permite comparar e concluir sobre os resultados do sistema de gerenciamento energético.



**Figura 4.17** – Curva de carga típico de um dia de produção.

O aumento na produção durante o período noturno tornou real a possibilidade do desligamento quase que total das cargas no horário de ponta.

Esta situação proporcionou um aumento da produção e uma economia de 21,86% no valor da conta de energia elétrica. Este valor é calculado em relação ao índice do custo médio antes e o atual, em reais, por kWh.

### Resumo do Relatório

#### Período de análise

Duração	13.07.2007 - 14:45 à 14.08.2007 - 10:30	
Dias úteis	Período de análise pós retrofit da conta de energia Elétrica	23
Sábados		5
Domingos		5

#### Faturas

Valor total - Azul		70.536,46 R\$
Valor total - Verde		50.646,88 R\$
Valor total - Convencional		66.522,32 R\$
Valor total - Especial		40.333,92 R\$
Custo médio - Azul	Diminuição do Custo médio da conta de energia Elétrica	0,3702 R\$/KWh
Custo médio - Verde		0,2658 R\$/KWh
Custo médio - Convencional		0,3492 R\$/KWh
Custo médio - Especial		0,2117 R\$/KWh
Fc - Ponta	Fator de carga da Indústria de Rações	27,2 %
Fc - Fora de ponta		43,6 %
Fc - Geral		41,8 %

**Figura 4.18** – Período de análise da conta de energia período base Julho de 2007 Horário de ponta no intervalo das 19:00hs até as 22:00hs.

Para obter um valor em reais da economia alcançada, neste mês de referência, pode-se utilizar o consumo total do mês multiplicado pelos índices de custo médio.

#### Logo, tem-se:

Custo total anterior = 190.515 kWh x 0,3239 = R\$ 61.707,81

Custo total atual = 190.515 kWh x 0,2658 = R\$ 50.638,89

**Economia alcançada em Reais = R\$ 11.068,92 ( em Julho/07)**

O cálculo do fator de carga forneceu o perfil atual da indústria, com a diminuição de seu valor de 46,9% na hora de ponta para 27,2% e o aumento no fator de carga no horário fora de ponta de 36,1% para 43,6%.

### Análise de Demanda

#### Resumo

Período de análise	13.07.2007 - 14:45 à 14.08.2007 - 10:30	
Dias úteis		23
Sábados		5
Domingos		5
Demanda máxima dias úteis	597,7 kW	(03.08.07 às 03:00)
Demanda máxima sábados	573,3 kW	(04.08.07 às 03:00)
Demanda máxima domingos	21,4 kW	(05.08.07 às 11:00)
Demanda máxima P	489,3 kW	(25.07.07 às 21:00)
Demanda máxima FP-I	576,7 kW	(01.08.07 às 21:45)
Demanda máxima FP-C	597,7 kW	(03.08.07 às 03:00)
Demanda máxima geral	597,7 kW	(03.08.07 às 03:00)

**Demanda máxima no período noturno**

**Figura 4.19** – Análise da demanda máxima - Período de análise da conta de energia Junho de 2007: Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

A multa por ultrapassagem de demanda acarreta um aumento considerável do valor da conta de energia elétrica da indústria. O uso do gerenciador de demanda e a sinalização para os operadores, quanto à proximidade do valor da demanda contratada, contribuiu para a modulação das cargas e os processos de produção na fábrica.

Observa-se que o fator de carga global da indústria também teve um aumento, passando de 36,5% para 41,8% atual. Este índice indica a melhor utilização da potência instalada e o aumento da produção.

Demanda máxima semanal								
Semana	Dom	Seg	Demanda máxima [kW]			Os valores máximos de demanda estão próximos à demanda contratada		Semanal
			Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	
13.07 - 14.07	-	-	-	-	-	488,9	506,9	506,9 (84,8%)
15.07 - 21.07	16,0	536,8	545,2	560,3	595,6	567,4	538,4	595,6 (99,6%)
22.07 - 28.07	15,1	522,9	541,8	556,5	551,0	524,6	506,1	556,5 (93,1%)
29.07 - 04.08	14,7	564,1	585,9	576,7	576,2	597,7	573,3	597,7 (100%)
05.08 - 11.08	21,4	509,0	496,4	551,9	553,6	517,9	519,1	553,6 (92,6%)
12.08 - 14.08	14,3	532,6	478,0	-	-	-	-	532,6 (89,1%)
<b>Geral</b>	<b>21,4</b> (3,6%)	<b>564,1</b> (94,4%)	<b>585,9</b> (98,0%)	<b>576,7</b> (96,5%)	<b>595,6</b> (99,6%)	<b>597,7</b> (100%)	<b>573,3</b> (95,9%)	<b>597,7</b> (100%)

**Figura 4.20** – Análise da demanda semanal - Período base da conta de energia de julho de 2007: Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

A **figura 4.21** apresenta os percentuais de consumo por dias de semana e por posto horário. Observa-se a diminuição do consumo no horário de ponta, e o aumento do consumo nos horários fora de ponta capacitivo e indutivo, conforme a meta estabelecida no mês inicial do levantamento de dados.

Consumo	Comparativo de consumo por horário:	
Dias úteis	<b>Ponta:</b> 10,2%(antes) e 4,6% (Atual)	165.985 kWh (87,1%)
Sábados	<b>Fora de Ponta Indutivo:</b> 71,9% (Antes) e 66,9% (Atual)	23.277 kWh (12,2%)
Domingos	<b>Fora de Ponta Capacitivo:</b> 17,9% (Antes) e 28,5% (Atual)	1.253 kWh (0,7%)
Ponta		8.795 kWh (4,6%)
Fora de ponta indutivo		127.412 kWh (66,9%)
Fora de ponta capacitivo		54.308 kWh (28,5%)
<b>Total</b>		<b>190.515 kWh (100,0%)</b>

**Figura 4.21** – Análise do consumo - Período de análise da conta de energia Julho de 2007 Horário de ponta das 19:00hs até as 22:00hs.

O **quadro 10** apresenta os índices gerais para a referência entre o início da medição e o atual. Observa-se o aumento do índice do consumo total médio por hora, que mostra o aumento da produção da indústria neste período.

O índice de consumo específico por hora de ponta mostra a sua diminuição relativa, contribuindo para o valor alcançado de economia neste mês.

Estes índices permitem um acompanhamento sobre os postos horários, e um comparativo entre os mesmos. O uso destes índices para a medição da eficiência energética torna-se melhor visualizado através do custo médio, em reais por kWh, e o valor do custo específico, em tonelada produzida por kWh.

O índice de consumo específico fornece os parâmetros de eficiência, por tonelada produzida. A coleta dos dados referente à tonelada produzida pela indústria, nos seus diversos processos, não foi permitida pela diretoria da empresa. Sobre este item, como informou a estratégia financeira da empresa, optou-se por não coletar e utilizar o índice correspondente.

<b>Índices de referência</b>	<b>Valores iniciais</b>	<b>Valores finais</b>	<b>%VF/VI</b>
Consumo específico por dia de semana	6.403,58 [kWh/dia útil]	7.216,74 [kWh/dia útil]	+1,127%
Consumo específico por dia, sábado.	2.837,0 [kWh/sáb]	4.655,40 [kWh/sáb]	+1,641%
Consumo específico por dia, domingo.	508,80 [kWh/dom]	250,60 [kWh/dom]	-0,493%
Consumo específico por hora de ponta	239,13 [kWh/hora]	127,46 [kWh/hora]	-0,533%
Consumo específico por hora Fora de ponta Capacitivo	152,05 [kWh/hora]	274,28 [kWh/hora]	+1,804%
Consumo específico por hora Fora de ponta Indutivo	231,10 [kWh/hora]	242,69 [kWh/hora]	+1,050%
Consumo TOTAL médio (durante 1 mês) por hora	212,06 [kWh/hora]	240,55 [kWh/hora]	+1,134%

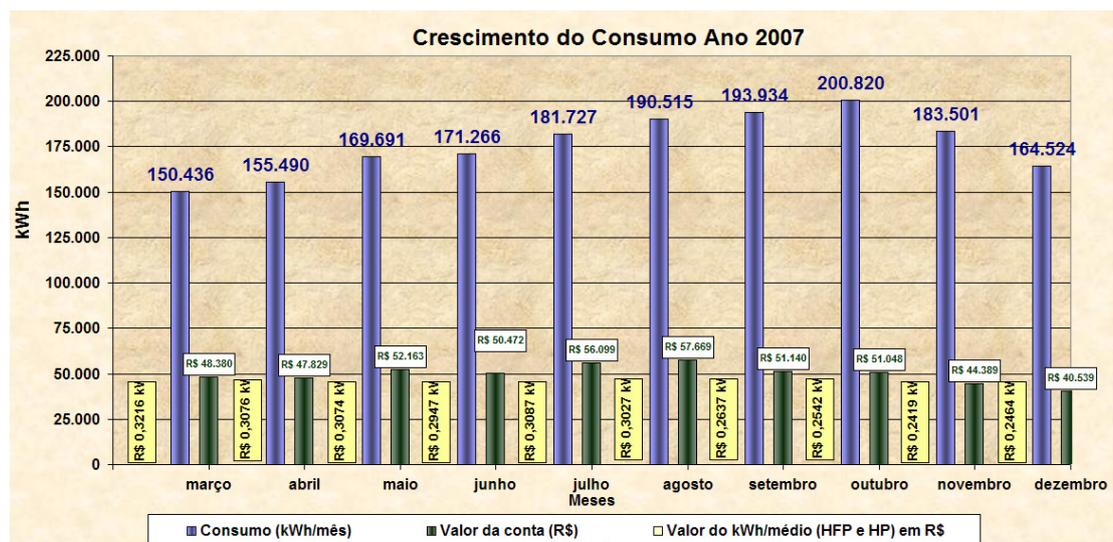
**Quadro 10** - Comparativo entre os índices: período base e período atual.

#### 4.8 Comparativo entre o período inicial e após o monitoramento.

O comparativo da economia alcançada no ano de 2007 poderia ser melhor caracterizado se fosse fornecido, pela indústria, sua produção em toneladas mensais neste período. Este cálculo do consumo específico e do custo específico, por tonelada de ração, é de grande relevância e contribuiria significativamente para o contexto da dissertação.

A justificativa da indústria para o não fornecimento destes dados de produção é baseada na estratégia de mercado e por conter informações sigilosas e confidenciais que poderiam comprometer e fornecer informações ao mercado concorrente.

As economias alcançadas e o aumento da produção depois de implantado o sistema de monitoramento contribuíram para o aumento do consumo, em kWh e diminuíram o valor médio pago à concessionária. Na **figura 4.22**, observa-se que, no mês de maio/07, houve um consumo de 169.691kWh, e o valor médio pago pela energia, de R\$ 0,3074/kWh. No mês de outubro/07, observa-se o aumento para 200.820 kWh e uma diminuição do valor médio pago pela energia, de R\$ 0,2642/kWh.



**Figura 4.22** – Análise do crescimento do consumo e valor da conta – Ano de 2007.

Em contatos e visitas à indústria, constatou-se o aumento da produção, em toneladas/dia, e comparando-se ao valor da energia consumida, sugeriu-se um melhor aproveitamento da energia, pois o seu valor médio diminuiu neste período de análise.

O cálculo dos índices por dia da semana e por horário de ponta e fora de ponta é uma ferramenta que contribui para suprir esta análise e a falta de dados para esta comprovação. Estes índices contribuem para o controle interno e o uso desta informação dentro da própria indústria, não fica comprometido pela divulgação de informações confidenciais ao mercado concorrente.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou uma metodologia para a determinação e o acompanhamento do consumo de energia elétrica em usos finais, aplicadas a um acompanhamento e gerenciamento energético, com o uso de um sistema de monitoramento de energia elétrica de todas as grandezas e custos para a empresa.

A metodologia é prática e de fácil implementação, com uma sistemática de coleta, interpretação e armazenamento do histórico das contas, custos e grandezas elétricas, facilitando a tomada de decisões sobre os usos finais de energia.

A conscientização de todos os envolvidos no processo se tornou mais ágil e motivadora, pois as ações têm um resultado imediato no consumo e na curva de carga da unidade monitorada. A modulação das cargas existentes tornou-se prática e simultânea com o comprometimento real de todos.

A análise dos horários de ponta, variáveis das 17:00 às 22:00Hs se torna determinante para a redução do custo médio da conta de energia. Este intervalo não é mais sugerido e aplicado sem o conhecimento específico e real das atividades da unidade estudada. Ele é medido e estipulado, realmente, conforme as atividades, gerando um menor custo do uso final da energia.

A mudança da tarifação de azul, verde ou convencional através do modelo real do consumo torna-se uma tarefa fácil e de monitoramento contínuo.

A sua análise, conjuntamente com o horário de ponta, mostra que esta análise aponta a utilização de uma modalidade tarifária que tenha realmente um menor custo para a empresa.

O estudo de caso da instituição de ensino mostrou que a tarifa verde é a mais viável, sob o ponto de vista de menor custo, mesmo utilizando a potência máxima no horário de ponta, contrariando as recomendações técnicas para o uso desta tarifa.

O estudo de caso da indústria de rações mostrou que informações de produção não estão sempre disponíveis para a análise da eficiência energética, tendo como solução a comparação entre o consumo por horário de ponta e fora de ponta e por dias da semana, de fácil análise e com dados fornecidos de maneira simples pelo sistema de monitoramento de energia. O incentivo do uso da energia em horários fora de ponta contribui significativamente para a redução do custo médio da energia, e a conscientização dos operadores e das pessoas envolvidas no processo produtivo.

Algumas concessionárias de energia elétrica, preocupadas com o seu mercado consumidor e seu faturamento, tratam este sistema de monitoramento com restrições e mesmo retêm informações quanto ao seu uso pelas empresas. A própria leitura e informação do sistema pode muitas vezes ser contestada e não validada contratualmente pelas concessionárias.

## 6 Referências Bibliográficas

- AAE 1997, Manual de administração de energia – Força Motriz, motores elétricos – Agência para aplicação de Energia – 1997 – São Paulo – Cartilha 48 p.
- ABILUX, 1996, Projetos Arquitetônicos adequados reduzem consumo de energia até 60%. Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. Jornal ABILUX, ano VI, nº 62, p.4.
- AGUIAR, 1998 Aguiar, J. C. R.; RODRIGUES, P. T.; MAIA, A.C.B (1998), Automação e Uso de Energia em Edifícios: Novas Relações e Possibilidades. Revista Eletricidade Moderna, nº 292, julho/1998, p.178-184.
- AGUIAR, J. C. R., RODRIGUES, P. T., MAIA, A. C. B., Automação e uso de energia em edifícios: novas relações e possibilidades. ELETRICIDADE MODERNA, São Paulo, v. 26, n.º 292, p. 178, Jul. 1998.
- ALLUCCI, M. P., Procedimentos para dimensionamento de aberturas: otimização do consumo de energia elétrica em edificações. In: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, VIII. São Paulo, 1994.
- ALMEIDA, P. L. C., ALVES, C. J. P. Edifícios inteligentes e aeroportos internacionais. ITA – Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Agosto/2000. [www.edificiointeligente.com.br](http://www.edificiointeligente.com.br)
- ALVES, 2004 Alves, M. R. (2004). Sistemas de ar condicionado visando maior eficiência energética. Mestrado - PPGEE. PUC - Minas, 184p.
- AMMAN, F., WILSON, R., Energy demand and efficient use. New York, Plenum Press, 1991.

- ARAKAKI, J., MYAGI, P. E. et alli, Integração de atividades e serviços em edifícios inteligentes – aplicação da metodologia PFS/MFG na transferência de dados, USP, São Paulo, 1999.
- ARRILLAGA, 1997 Arrillaga, J., Smith, B. C., Watson, N. R., Wood, A .R., “Power System Harmonic Anaysis”. John Wiley & Sons, 1997.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Technical Data Bulletin Intelligent Buildings. Ashrae Winter Meeting. Dallas, USA, Janeiro, 1998.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Technical Data Bulletin Inteligent Buildings. Ashrae Winter Meeting. Dallas, U.S.A. Janeiro 88.
- AZEGAMI, M., FUJIYOSHI, H., A systematic approach to intelligent building design, IEEE Communications Magazine, pp. 46-48, October, 1993.
- BALDELIN, Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado, USP, 2004.
- BAUER, C. J., Energy management systems: bus communication, trends and avances. In: Mc Clelland, S. Intelligent Buildings, IFS Publications, London, 1991.
- BEAUMONT, J. F., España y Suiza crean un sistema de videocomunicación para el diagnóstico médico. El Pais, Madrid, 14 de setembro, 1998. SOUZA, J. R., Energia e edifícios inteligentes. Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, 1992.

- BERG, M. R., HASSET, M. L., Conservation and solar energy in commercial buildings. *Energy policy*, 12 (1):93-101, march 1996.
- BISTERSO, R., O desafio de ser inteligente – aproveitamento de energias alternativas, *Revista Infra*, São Paulo, pp. 34-37, agosto, 2001.
- BURTON, J. L., *Building systems design series-fundamentals of interior lighting*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, United States of America, 1999.
- BUTTIKER, U. e alli, *La Lumière naturel à bon escient*. Office des questions conjoncturelles (RAVEL). Berna, 1995.
- CADDET Energy audits in buildings show potential for energy efficiency. CADDET Energy Efficiency – Centre for the analysis and dissemination of demonstrated energy technologies. By Per Kolbeck, Danish National Team. Newsletter nº 4, 1998.
- CAMARGO, C. Celso de Brasil; TEIVE, Raimundo C. Ghizoni. *Gerenciamento pelo lado da demanda: Aspectos técnicos, econômicos, ambientais e políticas de conservação de energia*. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2006. 287p.
- CAMPOS, Alexandre de. *Gerenciamento pelo lado da demanda: Um Estudo de Caso*. 2004. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração, São Paulo.
- CARVALHO, J. F., JANNUZZI, G. M., Aspectos éticos do modelo de planejamento do setor elétrico. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 3, nº 2, 1994.
- CASTRO, J. S., *Edifícios de Alta Tecnologia*. Carthago & Forte, São Paulo, 1994.

- Catálogo SIEMENS, Earth-Leakage Monitors for Medically-Used Rooms, Siemens Aktiengesellschaft, Republic of Germany, 2002.
- Catálogo SIEMENS, Instabus EIB – A nova dimensão das instalações elétricas, 2002.
- Catálogo SIEMENS, Product profile – Facts for the electrical pro. Main Menu, Siemens Aktiengesellschaft, Republic of Germany, 2002.
- Catálogo SIEMENS, Siemens Instabus – Intelligent solutions for present and future buildings, Siemens automation and drives – Electrical installation technology, 2002.
- CCPE, 2003, Plano Decenal de expansão 2003 - 2012 – Janeiro de 2003. Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos - ELETROBRÁS - 20p – 2003.
- CEB, CEEE et alli., Tarifas Horo-Sazonais Azul e Verde – Manual de orientação ao consumidor, Rio de Janeiro, 1998.
- CEMIG, 2003, Programa de gestão energética estadual – Manual de treinamento das CICES - ELETROBRÁS - 91p – 2003.
- CGE – Comitê de Gestão da Crise Energética, Resolução 001/2001.
- CHRISTOFFERSEN, J., PETERSEN, E., JOHNSEN, K., Avaliação de sistemas de aproveitamento de luz natural e controle de iluminação. ELETRICIDADE MODERNA, São Paulo, v. 26, n.º 294, p. 88, set. 1998.
- COELHO, D., Automação predial e residencial, Revista Intech Brasil, São Paulo, pp. 8-15, ed. 05, maio, 2001.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Consultar tarifas de energia.

Cemig, 2007. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/servicos/tarifas.asp>>.

Acesso em: 11 set. 2007.

CUNHA, F. A., O novo perfil do setor elétrico nos próximos dez anos. Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, Outubro, 1996.

DEPRETER, A., HOE, J. M., Tecnologia domótica muda perfil das instalações elétricas do futuro. Laboratório Belga da Indústria. Revista Eletricidade Moderna, nº 286, pp. 132-142, Janeiro, 1998.

DIRVIN, R. A., MILLER, A. R., The MC68824 Token Bus Controller: VLSI for the factory LAN, IEEE Micro Magazine, vol. 6, pp. 269-271, junho de 1996.

DUGAN, R.C., Mcgranaghan, M.F. Beaty, H.W., “Electrical Power Systems Quality”. Mc Graw-Hill, 1996, 265p.

DUTTA-ROY, A., Networks for homes – communications, IEEE Spectrum, Institute of Electrical and electronics engineers, inc., pp.26-33, December, 1999.

ECONOMIA & ENERGIA, Sinopse do balanço energético nacional – 1998 / Destaques energéticos. Ministério das Minas e Energia. Revista Economia & Energia, Ano II, n.º 9, jul/ago, 1998, p. 132-142.

EIA/TIA 569A – “Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces”, 2001.

EPE, 2006, Plano Decenal de expansão de energia elétrica: 2006 - 2015 – Ministério de Minas e Energia; colaboração: Empresa de Pesquisa Energética. – Brasília; MME: EPE - 304p – 2006.

- FACCIONI, M., Qualidade de energia em edificações como resultado de planejamento e projeto integrados, ABRAPI – Associação Brasileira de Prédios Inteligentes (artigo), Rio Grande do Sul, 2001.
- GÓMEZ, L. A., ALVES, J. B., Controladores multiagentes em edifícios inteligentes. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Agosto/2000.
- GRAÇA, M.A., SEIXAS, C., BETTONI, R.L., Objetivos e metas estabelecidas em edificações inteligentes. Manual da ATAN Consultoria, Dezembro, 2001.
- GUGLIELMETTI, A. H. G., 2002, A Legislação energética como ferramenta de redução do consumo de energia em edifícios: os impactos para a cidade de São Paulo – USP – Programa de Interunidades de Pós-graduação em Energia – PIPGE – 2002 – 145 p.
- GUSSOW, E., Eletricidade Básica. Editora Makron McGraw-Hill Ltda. São Paulo, 1994.
- HANSEN, S. J., WEISMAN, J. C., Performance Contracting: expanding horizons. The Fairmont Press Inc., Atlanta, GA, 1998.
- HIGGINS, N.B. GOODMAN, M. R., Cabeação estruturada – Análise de novos impactos em edifícios inteligentes, II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, 1999.
- HUMBLET, P. A., RAMASWAMI, R., SIVARAJAN, K. N., An efficient communication protocol for high-speed packet-switched multichannel networks, Proc. SIGCOMM'92 Conf., ACM, pp.2-14, 1992.
- IEEE: 802.3: Carrier sense multiple access with collision detection, New York: IEEE, 1985a.

INEE, 2001, Protocolo internacional para medição e verificação de Performance.

Brasil, Rio de Janeiro INEE, Outubro de 2001 63p.

JANNUZZI, G. M., The Government's perception of the role of energy and its implications towards conservation: the Brazilian case. In: V Congresso Brasileiro de Energia. Anais-Proceedings. Vol.3/3, Rio de Janeiro, pp. 1000-1007, 1990.

JÚNIOR, J. J., Management care: As vertentes do sistema privado II, Revista Check- Up, Ciências e Novidades, ano 4, nº 20, 2001.

KATO, E. A., Contratação de performance: o modelo norte-americano nos anos 90 na automação predial. EPUSP, São Paulo, 1999.

KRUGER, E., DUMKE, E., SHAFI, M., LAROCCA, C., Avaliação da eficiência energética em prédios comerciais em Curitiba, PPGTE, CEFET-PR, 2000.

LANDUS, G., SAUTER & STEAFA CONTROL, Evolução característica e tendências dos sistemas de gerenciamento de edificações. Revista Eletricidade Moderna, nº 254, Maio, 1993.

LEITE, M. A., Manutenção predial: o que há de novo, Revista oficial de Manutenção, Abraman – Associação Brasileira de Manutenção, Florianópolis, Novembro/Dezembro, 2001.

LEVINE, Mark D. Pequenas medidas produzem muita economia de energia. eJournal USA: Perspectivas Econômicas, Washington, v.11, n.2, p. 25-28 jul. 2007. Disponível em: <<http://usinfo.state.gov/journals/ites/0706/ijep/levine.htm>>. Acesso em: 08 maio 2007.

LIMA, L. C. A., DAVID, R. S., Como economizar energia em hotéis, clínicas, hospitais, shoppings e supermercados – Estudo de caso, Ecoluz, maio, 1996.

- LIMA, N. P., Evolução, características e tendências dos sistemas de gerenciamento de edificações. Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, Maio, 1998.
- LOBO, L., Integração de ambientes prediais, automação e telecomunicações, Revista Infra, São Paulo, pp. 48-49, maio, 2001.
- LOMARDO, L. L. B., O consumo de energia nos grandes prédios comerciais, estudos de caso. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1994.
- MALUF A. J., Marte, C. L., Costa, H. R. N., Martini J. S. C. Integração de Redes Locais e Barramentos de Campo nos Edifícios Inteligentes, – Revista Eletricidade Moderna. Fevereiro 1995.
- MAMEDE FILHO, João. Formulação de um Projeto Elétrico. In: MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. p. 13-35.
- MARTE, C. L., Automação Predial: a inteligência distribuída nas edificações. Carthago & Forte, São Paulo, 1995.
- MECKLER, G. – Commercial innovative ways to save energy in new buildings. Heating, piping and air conditioning, 58 (5):87-94, 1996.
- MENDONÇA, Marcos Antônio Rizzo. Gerenciamento pelo lado da demanda - Métodos direto, indireto e incentivado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 15, 1999, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 1999. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/xvsnp tee/xvsnp tee/stc/stc13.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2007.

MONTEIRO, C. P., Home Care: Já é possível mudar o Hospital de lugar, Revista Check- Up, Ciências e Novidades, ano 4, nº 20, 2001.

NISKIER, J., MACINTYRE, A. J., Instalações Elétricas. Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 4.<sup>a</sup> edição, 547p 2004.

OLIVA, George Andrew. Utilização de aquecedores solares de baixo custo em programas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 15, 1999, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 1999. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/xvsnptee/xvsnptee/stc/stc15.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2007.

OLIVEIRA, L. H., 1999, Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios – Tese de doutorado – USP – Politécnica da Universidade de São Paulo – 1999 – 344 p.

ORNSTEIN, S. W., ANDRADE, C. M., LEITE, B. C.C., Os espaços de escritórios em São Paulo: a avaliação pós-ocupação aplicada em edifício de alta tecnologia. FAUUSP – NUTAU – Cidade Universitária, São Paulo, 2000.

PINTO, J. R., Utilização racional de energia elétrica em instalações elétricas comerciais empregando sistemas de automação. Tese de mestrado. ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, São Paulo, 2000.

PRADO, T. A. R., Readequação tecnológica de edifícios para a conservação de energia com uso da cabeção estruturada. Laboratório de sistemas prediais da USP. Revista Eletricidade Moderna, n.º 292, Julho/1998, pp. 164 -175.

- PROCEL, 2001, Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos. 53p – 2001a.
- PROCEL, 2002, Livro técnico – Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração industrial e comercial. 318p – 2005e.
- PROCEL, 2002, Manual de iluminação eficiente. 36p – 2002b.
- PROCEL, 2005, Guia técnico - Gestão energética. 188p – 2005d.
- RAAD, Antônio. Gerenciamento pelo lado da demanda no Brasil: controladores e tarifas diferenciadas. Eletricidade Moderna, São Paulo, n.342, p.154-165, set.2002.
- RADFORD'S , D., High-speed data races home, IEEE Spectrum, Institute of Electrical and electronics engineers, inc., pp. 49-55, November, 1996.
- REGINO, A. A., Conservação de energia elétrica através da readequação do sistema de iluminação. Dissertação de mestrado, PPGEE – PUC Minas, Janeiro, 2002.
- RITSCHARD, R. L., DICKEY, D., Energy conservation in public housing: it can work. Energy systems and policy, 8 (3): pp. 269-291, 1994.
- ROMERO, M. A . (2000), Conservação de Energia e Arquitetura Dois Conceitos Inseparáveis. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Agosto/2000.
- ROSA, C. A. C., O eficiente gerenciamento e controle de edifícios de escritórios. Revista Eletricidade Moderna, Julho, 1995.

- SCALITER, A., GENTA, P., ALEJOS, R. F., EVANS, J. M., Interrelación entre domótica y calidad en el diseño de edificios inteligentes y energéticamente eficientes. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construido e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construido, Fortaleza, 1999.
- SENTELHAS, R., 2004, Instrumento de software para apoio à pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso de energia elétrica – Dissertação de mestrado – USP – Programa de Interunidades de Pós-graduação em Energia – PIPGE – 2004 – 118 p.
- SLATER, A., Energy efficient lighting in buildings. In: IV Right Light (1997: Copenhagen) IAEEEL, 1997.
- SLOSASKI, C. G. G., Manutenção predial: Uma visão da engenharia civil, Revista oficial de Manutenção, Abramam – Associação Brasileira de Manutenção, Florianópolis, Setembro/Outubro, 2001.
- SOUZA, J. R., Energia e edifícios inteligentes. Revista Eletricidade Moderna, pp. 23-25, São Paulo, 1992.
- STILLER, E., O projeto de arquitetura e iluminação. In: Seminário de Conservação de energia na iluminação. Anais, Rio de Janeiro, Light, 1994.
- TANENBAUM, A. S., Rede de Computadores, 3.<sup>a</sup> edição, Editora Livro Técnico, São Paulo, 2000.
- TOLEDO, L. M. A., Uso de energia elétrica em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis. Dissertação de Mestrado, UFSC, 1995.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. Energy End-Use Intensities in Commercial buildings. Energy Information Administration. U. S. Department of Energy. Washington, September, 1994.

VEIGA, Mário. Consultor fala sobre o PAC e os desafios do setor elétrico para os próximos anos. Entrevista concedida a periódico. Conexão AES Eletropaulo, São Paulo, n.6, fev. 2007. Disponível em:<[http://www.eletropaulo.com.br/newsletter/conexao\\_aeseletropaulo/6/news\\_01.html](http://www.eletropaulo.com.br/newsletter/conexao_aeseletropaulo/6/news_01.html)> Acesso em: 08 maio 2007.

WONG, A. C. W., SO, A. T. P., Building Automation in the 21st Century, Proceedings of the APSCOM-97, pp. 819-824, Hong-Kong, November, 1997.

ZEGARRA, S. L. V., JÚNIOR, V. F., CARDOSO, F. F., A construção da informação e a indústria da construção de edifícios. ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, São Paulo, 1999.

## 6.1 NORMAS e LEIS:

- ANSI/TIA/EIA 568A, 568 A1 a 568 A5, 569 A, 570 A, 606 e 607 – ( American National Standards Institute / Telecommunications Industry Association / Electronic Industry Association) - Sistemas de Cabeamento Estruturado.
- NR 23 e NR 23-78; NB-76 e NB 5410; NBR 9441 – Normas de proteção contra incêndio.
- IEEE - 802.3 a 802.6 – (Institut of Electrical and Electronics Engineers) – Normas sobre redes.
- NBR 14565 – Norma Brasileira para Cabeamento de Telecomunicações.
- NB 57 – Níveis de iluminação.
- NBR1413 – Iluminância de interiores – Especificação.
- TIA/EIA TSB – 67, 72, 75, 95 – Especificação para cabeamento UTP.

## **6.2 ENDEREÇOS ELETRÔNICOS:**

- [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br)

-[www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)

-[www.edificiointeligente.com.br](http://www.edificiointeligente.com.br)

-[www.procobrebrasil.org](http://www.procobrebrasil.org)

## 7 ANEXOS A

### Resumo do Relatório

#### Período de análise

Duração	06.11.2006 - 00:00 à 06.12.2006 - 00:00
Dias úteis	22
Sábados	4
Domingos	5

#### Faturas

Valor total - Azul	16.217,14 R\$
Valor total - Verde	14.454,56 R\$
Valor total - Convencional	13.791,75 R\$
Valor total - Especial	6.225,93 R\$
Custo médio - Azul	0,5574 R\$/KWh
Custo médio - Verde	0,4968 R\$/KWh
Custo médio - Convencional	0,4741 R\$/KWh
Custo médio - Especial	0,2140 R\$/KWh
Fc - Ponta	65,7 %
Fc - Fora de ponta	23,1 %
Fc - Geral	25,7 %

#### Meta de consumo

Meta diária	0 kWh
Meta do período analisado	0 kWh
Consumo acumulado	29.093 kWh
Consumo médio diário	938 kWh
Situação atual	excesso de 29.093 kWh

#### Demanda máxima

Dias úteis	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)
Sábados	79,7 kW	(18.11.06 às 10:15)
Domingos	56,7 kW	(26.11.06 às 08:15)
Ponta	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)
Fora de ponta indutivo	150,6 kW	(22.11.06 às 20:15)
Fora de ponta capacitivo	42,7 kW	(26.11.06 às 05:30)
Total	161,4 kW	(22.11.06 às 19:15)

**Consumo**

Dias úteis	25.146 kWh	(86,4%)
Sábados	2.432 kWh	(8,4%)
Domingos	1.515 kWh	(5,2%)
Ponta	6.997 kWh	(24,1%)
Fora de ponta indutivo	19.236 kWh	(66,1%)
Fora de ponta capacitivo	2.861 kWh	(9,8%)
Total	29.093 kWh	(100,0%)

---

**Energia reativa**

Dias úteis	5.830 kvarh	(80,4%)
Sábados	778 kvarh	(10,7%)
Domingos	641 kvarh	(8,8%)
Ponta	1.149 kvarh	(15,8%)
Fora de ponta indutivo	4.955 kvarh	(68,4%)
Fora de ponta capacitivo	1.145 kvarh	(15,8%)
Total	7.249 kvarh	(100,0%)

---

**Fator de potência mínimo**

Dias úteis	0,738	(15.11.06 às 07:45)
Sábados	0,782	(02.12.06 às 05:15)
Domingos	0,738	(12.11.06 às 06:30)
Ponta	0,869	(15.11.06 às 19:30)
Fora de ponta indutivo	0,738	(15.11.06 às 07:45)
Fora de ponta capacitivo	0,778	(03.12.06 às 05:45)
Total	0,738	(15.11.06 às 07:45)

---

**Correção capacitiva máxima**

Dias úteis	6,5 kvar	(15.11.06 às 12:30)
Sábados	4,5 kvar	(02.12.06 às 05:15)
Domingos	5,4 kvar	(19.11.06 às 18:30)
Ponta	2,8 kvar	(15.11.06 às 19:15)
Fora de ponta indutivo	6,5 kvar	(15.11.06 às 12:30)
Fora de ponta capacitivo	4,5 kvar	(02.12.06 às 05:15)
Total	6,5 kvar	(15.11.06 às 12:30)

---

---

**Demanda aparente máxima**

Dias úteis	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)
Sábados	82,2 kVA	(18.11.06 às 10:15)
Domingos	58,8 kVA	(26.11.06 às 08:15)
Ponta	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)
Fora de ponta indutivo	152,5 kVA	(22.11.06 às 20:15)
Fora de ponta capacitivo	44,7 kVA	(26.11.06 às 05:30)
Total	163,4 kVA	(22.11.06 às 19:15)

---

**Interrupções no fornecimento**

Número de interrupções		17
Duração total		07:14:42
Duração média		00:25:34
Interrupção mais longa	03:29:02	(início em 06.11.06 às 09:06:50)

---

## Análise de Faturas

### Resumo

Período de faturamento	06.11.2006 - 00:00	à	06.12.2006 - 00:00
Dias úteis			22
Sábados			4
Domingos			5
Valor total das faturas			
Azul			R\$ 16.217,14
Verde			R\$ 14.454,56
Convencional			R\$ 13.791,75
Especial			R\$ 6.225,93
Valor do fornecimento			
Azul			R\$ 15.020,31
Verde			R\$ 13.387,81
Convencional			R\$ 12.773,92
Especial			R\$ 5.766,46
Valor dos impostos			
Azul			R\$ 1.196,82
Verde			R\$ 1.066,75
Convencional			R\$ 1.017,83
Especial			R\$ 459,47
Relação impostos/fornecimento			
Azul			8,0%
Verde			8,0%
Convencional			8,0%
Especial			8,0%
Custo médio da energia com impostos [R\$/kWh]			
Azul			0,5574
Verde			0,4968
Convencional			0,4741
Especial			0,2140
Custo médio da energia sem impostos [R\$/kWh]			
Azul			0,5163
Verde			0,4602
Convencional			0,4391
Especial			0,1982
Fator de carga			
Ponta			65,7%
Fora de ponta indutivo			27,7%
Fora de ponta capacitivo			38,5%
Fora de ponta			23,1%
Global			25,7%

## Tarifa Azul

Unidade consumidora		Período		Leitura anterior		Leitura atual	
Unipac BD		Seco		06.11.2006 - 00:00		06.12.2006 - 00:00	
Concessionária							
Cemig							
Tarifa - Grupo							
Horo-sazonal Azul - A4							
Medição		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa	Valores [R\$]	
Demanda - P	[kW]	161,4					
Demanda - FPI	[kW]	150,6					
Demanda - FPC	[kW]	42,7					
Energia ativa - P	[kWh]	6.997,0					
Energia ativa - FPI	[kWh]	19.235,5					
Energia ativa - FPC	[kWh]	2.860,6					
Energia ativa - FP	[kWh]	22.096,1					
Energia ativa - Total	[kWh]	29.093,1					
Energia reativa - P	[kvarh]	1.148,6					
Energia reativa - FPI	[kvarh]	4.955,4					
Energia reativa - FPC	[kvarh]	1.145,1					
Energia reativa - FP	[kvarh]	6.100,5					
Energia reativa - Total	[kvarh]	7.249,2					
Fator de carga - P		65,7%					
Fator de carga - FPI		27,7%					
Fator de carga - FPC		38,5%					
Fator de carga - FP		23,1%					
Fator de carga - Global		25,7%					
<b>Fornecimento</b>							
Demanda contratada - P	[kW]		150,0				
Demanda contratada - FP	[kW]		150,0				
Demanda faturada - P	[kW]			161,4	46,80000	7.552,51	
Demanda faturada - FP	[kW]			150,6	13,81000	2.079,68	
Ultrapassagem de demanda - P	[kW]			0,0	140,40000	0,00	
Ultrapassagem de demanda - FP	[kW]			0,0	41,43000	0,00	
Consumo ativo - P	[kWh]			6.997,0	0,26288	1.839,37	
Consumo ativo - FPI	[kWh]			19.235,5	0,15993	3.076,33	
Consumo ativo - FPC	[kWh]			2.860,6	0,15993	457,49	
Demanda reativa excedente - P	[kW]			0,0	46,80000	0,00	
Demanda reativa excedente - FP	[kW]			0,0	13,81000	0,00	
Energia reativa excedente - P	[kWh]			1,3	0,26288	0,34	
Energia reativa excedente - FPI	[kWh]			60,0	0,15993	9,59	
Energia reativa excedente - FPC	[kWh]			31,2	0,15993	4,99	
<b>Encargos e taxas</b>							
ECE	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00	
EAESEE	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00	
Taxa de Iluminação Pública						0,00	
<b>Impostos</b>							
PIS	(aliquota de 0,0% , taxa efetiva de 0,0%)					0,00	
COFINS	(aliquota de 1,3% , taxa efetiva de 1,4%)					214,07	
ICMS	(aliquota de 6,1% , taxa efetiva de 6,5%)					982,76	
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas							
<b>Total da fatura</b>						<b>16.217,14</b>	

## Tarifa Verde

Unidade consumidora		Período		Leitura anterior	Leitura atual	
<b>Unipac BD</b>		Seco		06.11.2006 - 00:00	06.12.2006 - 00:00	
Concessionária						
Cemig						
Tarifa - Grupo						
Horo-sazonal Verde - A4						
Medição		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa	Valores [R\$]
Demanda - P	[kW]	161,4				
Demanda - FPI	[kW]	150,6				
Demanda - FPC	[kW]	42,7				
Energia ativa - P	[kWh]	6.997,0				
Energia ativa - FPI	[kWh]	19.235,5				
Energia ativa - FPC	[kWh]	2.860,6				
Energia ativa - FP	[kWh]	22.096,1				
Energia ativa - Total	[kWh]	29.093,1				
Energia reativa - P	[kvarh]	1.148,6				
Energia reativa - FPI	[kvarh]	4.955,4				
Energia reativa - FPC	[kvarh]	1.145,1				
Energia reativa - FP	[kvarh]	6.100,5				
Energia reativa - Total	[kvarh]	7.249,2				
Fator de carga - P		65,7%				
Fator de carga - FPI		27,7%				
Fator de carga - FPC		38,5%				
Fator de carga - FP		23,1%				
Fator de carga - Global		25,7%				
<b>Fornecimento</b>						
Demanda contratada	[kW]		150,0			
Demanda faturada	[kW]			161,4	13,81000	2.228,64
Ultrapassagem de demanda	[kW]			0,0	41,43000	0,00
Consumo ativo - P	[kWh]			6.997,0	1,08923	7.621,35
Consumo ativo - FPI	[kWh]			19.235,5	0,15939	3.065,95
Consumo ativo - FPC	[kWh]			2.860,6	0,15939	455,94
Demanda reativa excedente	[kW]			0,0	13,81000	0,00
Energia reativa excedente - P	[kWh]			1,3	1,08923	1,40
Energia reativa excedente - FPI	[kWh]			60,0	0,15939	9,56
Energia reativa excedente - FPC	[kWh]			31,2	0,15939	4,97
<b>Encargos e taxas</b>						
ECE	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00
EAEED	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00
Taxa de Iluminação Pública						0,00
<b>Impostos</b>						
PIS	(aliquota de 0,0%, taxa efetiva de 0,0%)					0,00
COFINS	(aliquota de 1,3%, taxa efetiva de 1,4%)					190,80
ICMS	(aliquota de 6,1%, taxa efetiva de 6,5%)					875,95
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas						
<b>Total da fatura</b>						<b>14.454,56</b>

**Tarifa Convencional**

<i>Unidade consumidora</i> <b>Unipac BD</b>							
<i>Concessionária</i> Cemig							
<i>Tarifa - Grupo</i> Convencional - A4		<i>Periodo</i> Seco	<i>Leitura anterior</i> 06.11.2006 - 00:00	<i>Leitura atual</i> 06.12.2006 - 00:00			
<i>Medição</i>		<i>Registrado</i>	<i>Contratado</i>	<i>Faturado</i>	<i>Tarifa</i>	<i>Valores [R\$]</i>	
Demanda - P	[kW]	161,4					
Demanda - FPI	[kW]	150,6					
Demanda - FPC	[kW]	42,7					
Energia ativa - P	[kWh]	6.997,0					
Energia ativa - FPI	[kWh]	19.235,5					
Energia ativa - FPC	[kWh]	2.860,6					
Energia ativa - FP	[kWh]	22.096,1					
Energia ativa - Total	[kWh]	29.093,1					
Energia reativa - P	[kvarh]	1.148,6					
Energia reativa - FPI	[kvarh]	4.955,4					
Energia reativa - FPC	[kvarh]	1.145,1					
Energia reativa - FP	[kvarh]	6.100,5					
Energia reativa - Total	[kvarh]	7.249,2					
Fator de carga - P		65,7%					
Fator de carga - FPI		27,7%					
Fator de carga - FPC		38,5%					
Fator de carga - FP		23,1%					
Fator de carga - Global		25,7%					
<i>Fornecimento</i>							
Demanda contratada	[kW]		150,0				
Demanda faturada	[kW]			161,4	47,96000	7.739,71	
Ultrapassagem de demanda	[kW]			0,0	143,88000	0,00	
Consumo ativo	[kWh]			29.093,1	0,17249	5.018,26	
Demanda reativa excedente	[kW]			0,0	47,96000	0,00	
Energia reativa excedente	[kWh]			92,4	0,17249	15,95	
<i>Encargos e taxas</i>							
ECE	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00	
EAEED	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00	
Taxa de Iluminação Pública						0,00	
<i>Impostos</i>							
PIS	(aliquota de 0,0% , taxa efetiva de 0,0%)					0,00	
COFINS	(aliquota de 1,3% , taxa efetiva de 1,4%)					182,05	
ICMS	(aliquota de 6,1% , taxa efetiva de 6,5%)					835,78	
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas							
<b>Total da fatura</b>						<b>13.791,75</b>	

## Tarifa Especial

Unidade consumidora						
Unipac BD						
Concessionária						
Cemig						
Tarifa - Grupo	Periodo	Leitura anterior	Leitura atual			
Especial - A4	Seco	06.11.2006 - 00:00	06.12.2006 - 00:00			
Medição		Registrado	Contratado	Faturado	Tarifa	Valores [R\$]
Demanda - P	[kW]	161,4				
Demanda - FPI	[kW]	150,6				
Demanda - FPC	[kW]	42,7				
Energia ativa - P	[kWh]	6.997,0				
Energia ativa - FPI	[kWh]	19.235,5				
Energia ativa - FPC	[kWh]	2.860,6				
Energia ativa - FP	[kWh]	22.096,1				
Energia ativa - Total	[kWh]	29.093,1				
Energia reativa - P	[kvarh]	1.148,6				
Energia reativa - FPI	[kvarh]	4.955,4				
Energia reativa - FPC	[kvarh]	1.145,1				
Energia reativa - FP	[kvarh]	6.100,5				
Energia reativa - Total	[kvarh]	7.249,2				
Fator de carga - P		65,7%				
Fator de carga - FPI		27,7%				
Fator de carga - FPC		38,5%				
Fator de carga - FP		23,1%				
Fator de carga - Global		25,7%				
<b>Fornecimento</b>						
Demanda contratada	[kW]		150,0			
Demanda faturada	[kW]			161,4	13,81000	2.228,64
Ultrapassagem de demanda	[kW]			0,0	41,43000	0,00
Consumo ativo - P	[kWh]		0,0	0,0	1,08923	0,00
Consumo ativo - P (especial)	[kWh]			6.997,0	0,00000	0,00
Consumo ativo - FPI	[kWh]			19.235,5	0,15939	3.065,95
Consumo ativo - FPC	[kWh]			2.860,6	0,15939	455,94
Demanda reativa excedente	[kW]			0,0	13,81000	0,00
Energia reativa excedente - P	[kWh]			1,3	1,08923	1,40
Energia reativa excedente - FPI	[kWh]			60,0	0,15939	9,56
Energia reativa excedente - FPC	[kWh]			31,2	0,15939	4,97
<b>Encargos e taxas</b>						
ECE	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00
EAEED	[kWh]			29.185,5	0,00000	0,00
Taxa de Iluminação Pública						0,00
<b>Impostos</b>						
PIS	(aliquota de 0,0% , taxa efetiva de 0,0%)					0,00
COFINS	(aliquota de 1,3% , taxa efetiva de 1,4%)					82,18
ICMS	(aliquota de 6,1% , taxa efetiva de 6,5%)					377,29
base de cálculo = total da fatura - encargos - taxas						
<b>Total da fatura</b>						<b>6.225,93</b>

## Análise de Meta de Consumo

### Resumo

Período de análise	06.11.2006 - 00:00 à 06.12.2006 - 00:00
Meta diária	0 kWh
Meta do período analisado	0 kWh
Consumo acumulado	29.093 kWh
Consumo médio diário	938 kWh
Situação atual	excesso de 29.093 kWh

### Evolução diária [kWh]

Dia	Consumo diário	Consumo acumulado	Meta acumulada	Consumo excedente	Energia disponível
05.11 - dom	0	0	0	0	-
06.11 - seg	628	628	0	628	-
07.11 - ter	1.394	2.022	0	2.022	-
08.11 - qua	1.295	3.316	0	3.316	-
09.11 - qui	1.163	4.479	0	4.479	-
10.11 - sex	991	5.470	0	5.470	-
11.11 - sáb	414	5.885	0	5.885	-
12.11 - dom	245	6.130	0	6.130	-
13.11 - seg	979	7.109	0	7.109	-
14.11 - ter	1.008	8.117	0	8.117	-
15.11 - qua	308	8.425	0	8.425	-
16.11 - qui	1.151	9.576	0	9.576	-
17.11 - sex	1.167	10.743	0	10.743	-
18.11 - sáb	974	11.717	0	11.717	-
19.11 - dom	410	12.127	0	12.127	-
20.11 - seg	1.263	13.390	0	13.390	-
21.11 - ter	1.315	14.704	0	14.704	-
22.11 - qua	1.461	16.165	0	16.165	-
23.11 - qui	1.337	17.502	0	17.502	-
24.11 - sex	1.229	18.731	0	18.731	-
25.11 - sáb	583	19.313	0	19.313	-
26.11 - dom	544	19.857	0	19.857	-
27.11 - seg	1.273	21.130	0	21.130	-
28.11 - ter	1.260	22.390	0	22.390	-
29.11 - qua	1.281	23.671	0	23.671	-
30.11 - qui	1.214	24.885	0	24.885	-
01.12 - sex	1.067	25.953	0	25.953	-
02.12 - sáb	462	26.414	0	26.414	-
03.12 - dom	316	26.730	0	26.730	-
04.12 - seg	1.340	28.070	0	28.070	-
05.12 - ter	1.023	29.093	0	29.093	-
<b>Situação final</b>	-	<b>29.093</b>	<b>0</b>	<b>29.093</b>	-

## Consumo diário

Dia	Ponta	Consumo [kWh]		Diário
		F. Ponta ind.	F. Ponta cap.	
05.11 - dom	-	-	-	-
06.11 - seg	361	266	-	628
07.11 - ter	377	925	92	1.394
08.11 - qua	374	812	109	1.295
09.11 - qui	331	734	98	1.163
10.11 - sex	259	634	98	991
11.11 - sáb	-	331	84	414
12.11 - dom	-	170	75	245
13.11 - seg	269	617	93	979
14.11 - ter	281	642	84	1.008
15.11 - qua	41	187	80	308
16.11 - qui	317	748	86	1.151
17.11 - sex	332	743	93	1.167
18.11 - sáb	-	885	89	974
19.11 - dom	-	297	113	410
20.11 - seg	352	810	101	1.263
21.11 - ter	348	871	95	1.315
22.11 - qua	392	974	94	1.461
23.11 - qui	337	874	125	1.337
24.11 - sex	331	796	101	1.229
25.11 - sáb	-	455	128	583
26.11 - dom	-	409	135	544
27.11 - seg	355	822	96	1.273
28.11 - ter	328	832	100	1.260
29.11 - qua	346	830	105	1.281
30.11 - qui	318	802	94	1.214
01.12 - sex	285	682	100	1.067
02.12 - sáb	-	368	93	462
03.12 - dom	-	222	94	316
04.12 - seg	352	897	91	1.340
05.12 - ter	310	599	114	1.023
<b>Total</b>	<b>6.997</b>	<b>19.236</b>	<b>2.861</b>	<b>29.093</b>

## Análise de Consumo

### Resumo

Período de análise	06.11.2006 - 00:00 à 06.12.2006 - 00:00	
Dias úteis		22
Sábados		4
Domingos		5
Consumo dias úteis	25.146 kWh	(86,4%)
Consumo sábados	2.432 kWh	(8,4%)
Consumo domingos	1.515 kWh	(5,2%)
Consumo P	6.997 kWh	(24,1%)
Consumo FP-I	19.236 kWh	(66,1%)
Consumo FP-C	2.861 kWh	(9,8%)
Consumo total	29.093 kWh	(100%)

### Consumo semanal

Semana	Consumo [kWh]							Sáb	Semanal
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex			
06.11 - 11.11	0	628	1.394	1.295	1.163	991	414	<b>5.885</b>	(20,2%)
12.11 - 18.11	245	979	1.008	308	1.151	1.167	974	<b>5.832</b>	(20,0%)
19.11 - 25.11	410	1.263	1.315	1.461	1.337	1.229	583	<b>7.596</b>	(26,1%)
26.11 - 02.12	544	1.273	1.260	1.281	1.214	1.067	462	<b>7.101</b>	(24,4%)
03.12 - 05.12	316	1.340	1.023	-	-	-	-	<b>2.679</b>	(9,2%)
<b>Total</b>	<b>1.515</b> (5,2%)	<b>5.482</b> (18,8%)	<b>5.999</b> (20,6%)	<b>4.345</b> (14,9%)	<b>4.865</b> (16,7%)	<b>4.454</b> (15,3%)	<b>2.432</b> (8,4%)	<b>29.093</b>	(100%)

## Consumo diário

Dia	Ponta	Consumo [kWh]		Diário
		F. Ponta ind.	F. Ponta cap.	
05.11 - dom	-	-	-	-
06.11 - seg	361	266	-	628
07.11 - ter	377	925	92	1.394
08.11 - qua	374	812	109	1.295
09.11 - qui	331	734	98	1.163
10.11 - sex	259	634	98	991
11.11 - sáb	-	331	84	414
12.11 - dom	-	170	75	245
13.11 - seg	269	617	93	979
14.11 - ter	281	642	84	1.008
15.11 - qua	41	187	80	308
16.11 - qui	317	748	86	1.151
17.11 - sex	332	743	93	1.167
18.11 - sáb	-	885	89	974
19.11 - dom	-	297	113	410
20.11 - seg	352	810	101	1.263
21.11 - ter	348	871	95	1.315
22.11 - qua	392	974	94	1.461
23.11 - qui	337	874	125	1.337
24.11 - sex	331	796	101	1.229
25.11 - sáb	-	455	128	583
26.11 - dom	-	409	135	544
27.11 - seg	355	822	96	1.273
28.11 - ter	328	832	100	1.260
29.11 - qua	346	830	105	1.281
30.11 - qui	318	802	94	1.214
01.12 - sex	285	682	100	1.067
02.12 - sáb	-	368	93	462
03.12 - dom	-	222	94	316
04.12 - seg	352	897	91	1.340
05.12 - ter	310	599	114	1.023
<b>Total</b>	<b>6.997</b>	<b>19.236</b>	<b>2.861</b>	<b>29.093</b>