

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM CAMPI UNIVERSITÁRIOS: *ESTUDO DE CASO NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UFSC.***

**Dissertação Submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a  
Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica**

**ALEXANDRA MARÍA GUTIÉRREZ CORREA**

**Florianópolis, dezembro de 1998**

**CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM CAMPI UNIVERSITÁRIOS: ESTUDO  
DE CASO NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UFSC.**

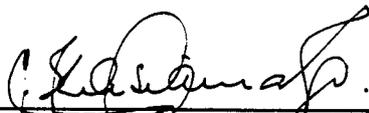
**ALEXANDRA MARÍA GUTIÉRREZ CORREA**

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do Título de

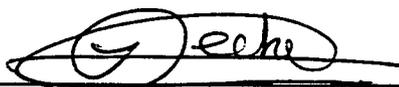
**Mestre em Engenharia Elétrica**

**Área de concentração de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica**

e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação

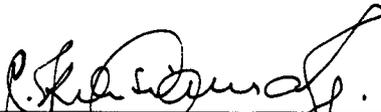


Prof. C. Ceiso de B. Camargo, Dr.  
Orientador



Prof. Ildemar Cassana Decker, Dr.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação  
em Engenharia Elétrica

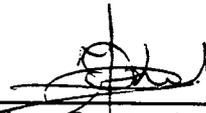
**Banca examinadora**



Prof. C. Ceiso de B. Camargo, Dr.  
Presidente



Prof. João Carlos Fagundes, Dr.



Eng. Francisco Duarte de Oliveira, M. Sc.

À minha mãe que com a sua  
inteireza e fortaleza soube lutar para  
levar-me a alcançar as minhas metas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Celso de B. Camargo, pela sua orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor João Carlos Fagundes e ao engenheiro Francisco Duarte de Oliveira, pela sua participação na banca examinadora e pelas contribuições ao trabalho.

À minha mãe e à minha irmã, pela sua colaboração à distância, dando-me a tranqüilidade de saber que na Colombia tinha todo o apoio, sempre que fosse preciso.

Ao Hugo, pela sua orientação técnica e pelo seu empenho para que eu pudesse alcançar meu objetivo.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À Mónica e ao Mauricio, pelo seu apoio moral no primeiro ano de meu mestrado.

Aos meus amigos por estar do meu lado nos momentos difíceis desta jornada. Em particular agradeço a Mónica, Mauricio, Angela, Sergio, Milton, Amanda, Laura, Filiberto, René, Marcelo e Cris.

À IEB, pelo seu respaldo técnico, e especialmente a Jaime Blandón pela sua amizade e pelo seu apoio fundamental no começo do curso.

À Cris, pela sua colaboração com a revisão do Português e pela sua amizade incondicional e a de sua família.

Ao Labplan e a toda Universidade, os quais propiciaram um bom ambiente de trabalho, por meio de seus recursos e infra-estrutura.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, especialmente ao Edson Luiz da Silva, Ildemar Cassana Decker, Jorge Mário Campagnolo, Marciano Morozowski, Jorge Coelho e Jacqueline G. Rolim, os quais contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Departamento de Eng. Química, especialmente ao chefe do departamento Prof. Agenor Furigo Jr. que me permitiu realizar o trabalho nesse prédio, a Sandro pela disponibilidade em me orientar com as questões do departamento, e a todos os professores pela sua ajuda.

À ETUSC pelo empréstimo de equipamentos, e especialmente ao Dilnei José Martins Fernandes, pelo seu interesse para que os registros fossem bem efetuados.

À CELESC pela disponibilidade de informação, em especial ao Joaquim Pereira Demetrio pela sua colaboração com algumas das minhas dúvidas.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica e especialmente ao engenheiro Fabio Rojas, pela sua colaboração para a tomada de registros.

Ao professor Lambert pela sua diligência e ao Aldomar pela sua orientação na parte arquitetônica e a sua disponibilidade para o uso do programa.

À PRAC pelo empréstimo de equipamentos, e especialmente ao Marcelo Fontanella Webster.

Ao João Carlos pelo oferecimento de pessoal técnico, e Marcelo Bittencourt pela sua colaboração com a instalação de equipamentos.

A todos os que me apoiaram e me incentivaram nesta jornada.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 METODOLOGIA DO ESTUDO.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 RECURSOS UTILIZADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 USOS FINAIS E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 CONSTRUÇÃO ARQUITETÔNICA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 CASOS BEM SUCEDIDOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3. METODOLOGIA DE TRABALHO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 LEVANTAMENTO MACRO DA SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO DEPARTAMENTO DE ENG. QUÍMICA .....</b>	<b>43</b>
3.1.1 Projetos da instalação .....	43
3.1.2 Contas de energia .....	43
3.1.3 Universo populacional .....	46
3.1.4 Área útil construída.....	47
3.1.5 Questionários .....	48
3.1.6 Estado dos equipamentos .....	48
<b>3.2 CONSUMOS DE ENERGIA DESAGREGADOS POR USOS FINAIS .....</b>	<b>48</b>
3.2.1 Usos finais.....	48
3.2.2 Registro de consumos totais de energia .....	48
3.2.3 Consumos de energia e demandas de potência por usos finais .....	49
<b>3.3 ANÁLISES DOS CONSUMOS DE ENERGIA DESAGREGADOS.....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Curva de carga total .....	51
3.3.2 Comparação entre usos finais .....	51
3.3.3 Comparação com os valores da concessionária .....	53
3.3.4 Índices comparativos.....	53

<b>3.4 ANÁLISE DO ESFRIAMENTO DE ESPAÇOS</b> .....	<b>53</b>
3.4.1 Fluxo térmico.....	53
3.4.2 Ganho solar.....	54
3.4.3 Carga térmica.....	54
<b>3.5 DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAR ENERGIA, ECO's</b> .....	<b>56</b>
3.5.1 ECO's para o grupo tarifário .....	56
3.5.2 ECO's para o grupo de usos finais.....	58
3.5.3 Outras ECO's .....	59
<b>3.6 ANÁLISES ECONÔMICAS</b> .....	<b>59</b>
3.6.1 Potencial de energia economizada anualmente, PEE [kW] .....	59
3.6.2 Custo anual do ciclo de vida, ALCC [U\$].....	59
3.6.3 Custo da energia economizada, CSE .....	60
3.6.4 Benefício anual líquido do consumidor, BALc .....	60
3.6.5 Período de retorno simples, SPP .....	61
<b>3.7 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA</b> .....	<b>61</b>
<b>4. SITUAÇÃO ATUAL DO DEPARTAMENTO DE ENG. QUÍMICA</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1 DESCRIÇÃO DO DEPARTAMENTO</b> .....	<b>62</b>
<b>4.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA E DA DEMANDA DE POTÊNCIA TOTAIS</b> .....	<b>63</b>
4.2.1 Análise segundo as contas de energia.....	63
4.2.2 Análise segundo os registros feitos pelo analisador de redes.....	72
4.2.3 Fator de potência e fator de carga .....	74
<b>4.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS</b> .....	<b>75</b>
4.3.1 Bloco A .....	75
4.3.2 Bloco B .....	76
4.3.3 Bloco C .....	77
4.3.4 Bloco D .....	79
4.3.5 Bloco E .....	80
4.3.6 Comparação entre blocos.....	81
<b>4.4 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO</b> .....	<b>84</b>
<b>4.5 ANÁLISE DO ESFRIAMENTO DE ESPAÇOS</b> .....	<b>89</b>
4.5.1 Ganho de calor pelos fechamentos.....	90
4.5.2 Carga térmica.....	91
<b>4.6 ANÁLISE DOS COMPUTADORES</b> .....	<b>93</b>
<b>4.7 ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO</b> .....	<b>94</b>
<b>4.8 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA POR BLOCOS SEGUNDO OS QUESTIONÁRIOS</b> .....	<b>95</b>
<b>4.9 ANÁLISE TARIFÁRIA</b> .....	<b>98</b>

<b>4.10ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO ARQUITETÔNICA.....</b>	<b>102</b>
4.10.1 Variáveis climáticas .....	102
4.10.2 Variáveis humanas .....	102
4.10.3 Variáveis arquitetônicas.....	103
<b>5. ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E ANÁLISES ECONÔMICAS .....</b>	<b>105</b>
<b>5.1 ECO's PARA O GRUPO TARIFÁRIO .....</b>	<b>105</b>
5.1.1 ECO 1. Mudança da estrutura tarifária.....	105
5.1.2 ECO 2. Mudança no registro de energia .....	107
5.1.3 ECO 3. Potencial de redução da demanda de potência .....	108
<b>5.2 ECO's PARA O GRUPO DE USOS FINAIS .....</b>	<b>109</b>
5.2.1 ECO 4. Troca de lâmpadas e reatores.....	109
5.2.2 ECO 5. Substituição da caldeira .....	111
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>113</b>
<b>6.1 CONCLUSÕES .....</b>	<b>113</b>
6.1.1 Conclusões Gerais .....	113
6.1.2 Conclusões derivadas do diagnóstico energético.....	115
<b>6.2 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>119</b>
6.2.1 Recomendações gerais .....	119
6.2.2 Recomendações derivadas das ECO's e das conclusões.....	120
6.2.3 Iluminação.....	121
6.2.4 Ar condicionado.....	121
6.2.5 Motores .....	122
6.2.6 Caldeiras.....	123
6.2.7 Fornos.....	123
6.2.8 Bombas de água .....	123
6.2.9 Refrigeração.....	124
6.2.10Refrigeradores.....	124
6.2.11Recomendações para futuros trabalhos.....	125
<b>Anexo 1. Modelo dos questionários.....</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 2. Equipamentos dos laboratórios .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 3. Fator de potência e fator de carga .....</b>	<b>141</b>
<b>Anexo 4. Sistemas tarifários.....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 5. Cronograma de atividades.....</b>	<b>148</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>150</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Consumo de energia parciais e totais, [kWh].....	44
Tabela 2. Fator de potência e fator de carga.....	45
Tabela 3. Evolução do consumo de energia e da população.....	46
Tabela 4. Evolução da área útil construída .....	47
Tabela 5. Consumo de energia da iluminação artificial.....	49
Tabela 6. Consumo de energia do ar condicionado .....	50
Tabela 7. Consumo de energia dos equipamentos de computação.....	50
Tabela 8. Classificação dos consumos de energia desagregados por tipo de ambiente .....	51
Tabela 9. Classificação dos consumos totais de energia por tipo de ambiente.....	52
Tabela 10. Classificação das demandas totais de potência por tipo de ambiente .....	52
Tabela 11. Consumos totais de energia por usos finais .....	52
Tabela 12. Dados energéticos mensais estimados e medidos .....	52
Tabela 13. Potencial de redução de demanda de potência melhorando o fator de carga na tarifa convencional.....	56
Tabela 14. Potencial de redução de demanda de potência melhorando o fator de carga na tarifa horo-sazonal .....	57
Tabela 15. Distribuição dos locais por bloco .....	62
Tabela 16. Consumo de energia, [kWh], segundo as contas da Celesc.....	64
Tabela 17. Evolução do consumo de energia e da população.....	67
Tabela 18. Demanda de potência, [kW], segundo as contas da Celesc.....	70
Tabela 19. Consumo de energia segundo o analisador de redes .....	73
Tabela 20. Fator de potência e fator de carga.....	74
Tabela 21. Lâmpadas totais por bloco .....	81
Tabela 22. Aparelhos totais de ar condicionado por bloco.....	82
Tabela 23. Número de computadores por bloco.....	83
Tabela 24. Distribuição e consumo de energia das lâmpadas por local.....	84
Tabela 25. Iluminâncias mínimas por local segundo a ABNT 5413 .....	88
Tabela 26. Distribuição e consumo de energia dos condicionadores de ar.....	89
Tabela 27. Ganho de calor pelos fechamentos .....	90
Tabela 28. Carga térmica dos locais [W].....	91
Tabela 29. Dimensionamento dos ar condicionados .....	92

Tabela 30. Distribuição e consumo de energia dos computadores .....	93
Tabela 31. Consumo total de energia por usos finais e por bloco.....	95
Tabela 32. Classificação dos locais por consumo total de energia .....	96
Tabela 33. Classificação dos locais por potência instalada .....	97
Tabela 34. Participação dos usos finais no consumo total de energia .....	98
Tabela 35. Custo do consumo e demanda para a tarifa convencional.....	100
Tabela 36. Diferença no pagamento para a situação atual [R\$] .....	105
Tabela 37. Diferença no pagamento com término de trabalho às 17 h [R\$].....	106
Tabela 38. Diferença no pagamento com término de trabalho às 19 h [R\$].....	107
Tabela 39. Potencial de redução de demanda de potência .....	108
Tabela 40. Variação da recuperação do capital com o preço do gás.....	111
Tabela 41. Previsão do consumo anual de energia [kWh/ano] .....	112
Tabela 42. Computadores com consumo de energia desnecessário .....	120

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo mensal de energia [kWh] .....	65
Figura 2. Relação entre o consumo mensal e os dias faturados.....	65
Figura 3. Consumo mensal de energia em diferentes setores da USFC.....	68
Figura 4. Consumo de energia por unidade de área .....	69
Figura 5. Demanda de potência registrada mensalmente [kW].....	71
Figura 6. Demanda de potência faturada mensalmente [kW] .....	71
Figura 7. Demanda de potência diária [kW] .....	72
Figura 8. Níveis de iluminância dos blocos A e B.....	86
Figura 9. Níveis de iluminância do bloco C .....	86
Figura 10. Níveis de iluminância do bloco D .....	86
Figura 11. Níveis de iluminância do bloco E – térreo.....	87
Figura 12. Níveis de iluminância do bloco E – Primeiro andar.....	87
Figura 13. Níveis de iluminância do bloco E – Segundo andar.....	87
Figura 14. Nota fiscal da Celesc .....	98
Figura 15. Distribuição e orientação dos blocos do dpto. de ENQ.....	103
Figura 16. Brise móvel.....	104
Figura 17. Variação do SPP com o preço do gás.....	111
Figura 18. Previsão do consumo anual de energia.....	112

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo testar a metodologia desenvolvida na Universidade de São Paulo (USP) para a avaliação de conservação de energia em instalações universitárias. Com este objetivo, foi feito um diagnóstico energético nas instalações do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste sentido, foi identificado e calculado o potencial de conservação de energia do departamento. Foram estabelecidas estratégias de tarifas e de uso final, as quais foram avaliadas por meio de análises econômicas.

Foi então recomendada uma série de medidas e procedimentos para otimizar o uso da energia elétrica do Departamento de Engenharia Química e, por extensão, para outros setores da universidade.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present dissertation is to test the methodology developed at Universidade de São Paulo (USP) for the evaluation of energy conservation in the campus of the universities. The objective was achieved by doing an energetic diagnosis for the buildings of the Department of Chemical Engineering, in the Universidade Federal de Santa Catarina.

This work presents the results of the identification and calculation of the energy conservation's potential in the buildings under study as well as establishes some final use and tariffs strategies, which are evaluated through an economical analysis.

Finally, a number of actions and procedures are recommended in order to optimize the use of the electrical energy in the different buildings of the Department of Chemical Engineering. The application of these recommendations can be extended to other sectors of the university.

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo mostra a importância dos estudos de conservação de energia, devida especialmente à crise que atravessam alguns países com relação ao seu abastecimento, define os pontos principais da conservação de energia em centros educativos, especifica os objetivos deste estudo, dá uma visão geral da metodologia utilizada, a qual será ampliada mais adiante, e enfoca a forma em que são apresentados os resultados neste trabalho.

## 1.1 APRESENTAÇÃO

Em um artigo publicado no *ASHRAE Transactions*, William Coad (1996)<sup>1</sup> escreveu:

“Os profissionais na sua prática de engenharia, têm a responsabilidade de considerar a segurança e o bem-estar da sociedade. A energia e o meio ambiente têm sido considerados “parâmetros de projeto”, e o que se pretende daqui para frente é que sejam considerados “normas morais”. Alguns técnicos de renome dizem que a conservação de energia é um tópico econômico, porém este conceito não é válido. Deve-se entender que a conservação de energia é uma ética.

Os engenheiros passaram o século 19 explorando e desenvolvendo conceitos e princípios tecnológicos, e o século 20 mudando o curso da raça humana através do desenvolvimento de uma sociedade e uma economia que são totalmente dependentes da tecnologia.

O problema é que a tecnologia, por sua vez, é dependente de uma fonte continuada de energia e do delicado esquema ambiental. Ambos estão sendo esgotados rapidamente. Um exemplo das causas da degradação do meio ambiente é a combustão dos hidrocarbonetos em toda a terra, seguida pelo risco oriundo das usinas nucleares e seus resíduos.

Em outras palavras, os engenheiros, e só os engenheiros, são treinados na arte da física aplicada, para entender como projetar máquinas e sistemas

---

<sup>1</sup> COAD, William J. Energy conservation is an ethic. *ASHRAE Transactions*. Atlanta GA USA, v 102, n 1, p. 505-509, 1996.

que possam preservar o modo de vida da população do primeiro mundo e expandí-lo aos menos afortunados das civilizações do terceiro mundo, enquanto faz-se o uso mais prejudicial das reservas de energia do mundo, criando um impacto adverso sobre o meio ambiente.”

A realidade mostra que os maiores e mais graves problemas do meio ambiente são devidos ao uso que se faz da energia. Mas, com certeza, o que se deseja são os serviços que as tecnologias que utilizam a energia oferecem.<sup>2</sup>

A cadeia energética das tecnologias envolvidas no processo de transformação, inicia-se nas fontes de energia primária (carvão, petróleo, solar, hidro) com as tecnologias de suprimento (usinas, refinarias, minas de carvão). Em seguida tem-se a energia secundária (eletricidade, óleo combustível) com as tecnologias de uso final (lâmpadas, fogões, ônibus, eletrodomésticos), até obter-se, finalmente, os serviços energéticos (iluminação, refrigeração, condicionamento de ar).<sup>2</sup>

Na utilização da energia, em todas as suas formas, observam-se grandes desperdícios que podem ser evitados mediante um programa de conservação de energia, sem que haja perda do conforto ou da qualidade de vida ou trabalho para os usuários. Cada energético tem seu potencial de conservação, que pode ser identificado, e portanto, é possível aproveitar melhor seu uso, ou até mesmo a sua substituição. Chega-se a afirmar que somente um terço da energia utilizada poderia ser suficiente para atender a demanda atual.

Observando as alternativas, se a comunidade de engenheiros não leva em conta a conservação das fontes de energia e proteção do meio ambiente, quem o fará? Todas as forças econômicas da sociedade estão orientadas para o uso da energia e não para a sua conservação, e ela não pode continuar sendo tratada como um bem de consumo que segue as leis da oferta e da demanda.<sup>1</sup>

---

<sup>2</sup> REIS, Lineu Bérico dos et. *Diagnóstico sobre o uso da energia elétrica na universidade de São Paulo*. São Paulo-Brasil, p 13, [1996].

Agora a proposta para os engenheiros é : “Pratique a sua profissão com ênfase na responsabilidade de proteger os interesses da sociedade e, especificamente, incorpore a ética da conservação de energia e a preservação do meio ambiente em tudo o que faça”.<sup>1</sup>

Deve-se destacar que “o uso eficiente da energia é uma questão multidisciplinar que abrange áreas como engenharia, arquitetura, educação, e meio ambiente, entre outras”<sup>3</sup>. Portanto, a redução do consumo de energia é responsabilidade de todos, do mais alto ao mais baixo nível hierárquico numa organização, sendo fundamental o envolvimento e a conscientização de cada usuário quanto ao seu papel em programas desta natureza. As causas principais do atual nível de ineficiência no uso da energia estão relacionadas com aspectos culturais e de comportamento do consumidor e com o mercado de bens e serviços que deriva-se desta situação. Neste termos, as necessidades de energia elétrica por parte dos usuários estão condicionadas aos diferentes hábitos de vida, luminosidade do dia, temperatura do dia, época do ano, e atividade comercial ou industrial, entre outros.

Um programa de conservação de energia tem duas grandes etapas: a realização do diagnóstico energético e a execução das diretrizes recomendadas ao final do diagnóstico. É importante definir que um diagnóstico energético é um estudo que busca descrever e explicar a situação tecnológica e econômica de uma instalação energética, visando recomendar mudanças que permitam melhorar a eficiência e rendimento energético da instalação, com o estabelecimento de parâmetros de acompanhamento e controle. O diagnóstico consiste, basicamente, de uma apreciação analítica, qualitativa e, particularmente quantitativa, da evolução energética ao longo de um período de tempo dado, com o fim de determinar como e onde utiliza-se a energia em suas diferentes formas e determinar o grau de eficiência com que esta é utilizada.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> RODRIGUES, Antonio et al. *Programa permanente para o uso eficiente da energia elétrica na USP*. São Paulo, 1997.

<sup>4</sup> EPEA - Escritório de pesquisa econômica aplicada. *Energia Elétrica. Diagnóstico preliminar : Plano decenal de desenvolvimento econômico e social*. [S.l. : s.n.], 1967.

As técnicas de conservação de energia, embora possam parecer triviais, são de grande importância, sendo indispensável que sejam adotadas em caráter permanente para conseguir-se uma efetiva economia dos recursos energéticos de acordo com a alternativa selecionada.

Na maioria dos casos, a tecnologia mais eficiente poderá requerer um maior investimento de capital, não sendo isto razão suficiente para descartar a alternativa. Uma metodologia para a análise das diferentes alternativas de conservação deve permitir uma avaliação financeira, principalmente analisando a relação custo-benefício do investimento. Para efetuar as comparações entre as alternativas, utilizam-se indicadores de rentabilidade.

Mas a conservação de energia não deve ser limitada a algumas ações isoladas; ela deve prever estratégias de ações a curto, médio e longo prazo, de acordo com técnicas de conservação. Tais técnicas podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- ❖ **Controles operacionais:** Verifica se os processos estão sendo rigidamente efetuados como deveriam, visando menor consumo de energia e evitando a aceleração da depreciação dos equipamentos, caso contrário é preciso controlar tais processos. Os principais aspectos operacionais são o treinamento, os procedimentos e o sistema de registro. Os operadores devem ser treinados quanto aos aspectos práticos e teóricos de seu trabalho.<sup>5</sup>
- ❖ **Controles na utilização da energia:** Leva em conta basicamente os hábitos de consumo dos usuários, com o fim de verificar se a energia está sendo bem administrada ou se está sendo desperdiçada. No segundo caso, os usuários devem ser orientados e treinados para que evitem este desperdício.

---

<sup>5</sup> RUSSOMANO, Victor Henrique. *Introdução à administração de energia na indústria*. São Paulo–Brasil, Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

- ❖ **Manutenção preventiva dos equipamentos:** Todo equipamento, bem projetado e construído, apresenta eficiência adequada quando novo. Gradualmente, esta se reduz se não houver uma manutenção que previna e corrija as causas do mau funcionamento. Toda instalação deve ser incluída em um sistema de manutenção preventiva, assim como todo equipamento associado deve sofrer manutenção regular.<sup>5</sup>
- ❖ **Manutenção corretiva dos equipamentos e instalações:** Quando um equipamento ou instalação está defeituoso é possível ter-se um aumento no consumo de energia, dado que pode-se estar forçando seu desempenho. Por esta razão, não é recomendável esperar até que todos os equipamentos pertencentes a um dado processo, que pode ser o oferecimento de um uso final (como o condicionamento da temperatura de ambientes), fiquem completamente danificados. Assim, ao se detectar um equipamento defeituoso este deve ser consertado imediatamente.

Os elementos da conservação de energia vão desde a troca por aparelhos mais eficientes, passando pelo recondicionamento de tecnologias de uso final, atividades de interação usuário e fornecedor, até propostas quanto a reformas nas edificações, e mudança de hábitos, entre outros. Mas, além de considerar a troca por equipamentos mais eficientes, deve-se enfatizar o desenvolvimento destes equipamentos. Também há elementos como a conservação da água, os impactos ambientais, o tratamento do lixo e o transporte, dentre outros, que são muito importantes no âmbito da conservação de energia. Assim, por exemplo, o lixo produzido, pelo custo que implica seu tratamento, bem poderia ser uma fonte de calor quando incinerado, e gerar energia a custo relativamente mais baixo.<sup>2</sup>

Desde o início das atividades do mercado energético no final do século passado, sempre considerou-se que um incremento no consumo da eletricidade era um sinal positivo em relação ao desenvolvimento humano e quanto mais rápido fosse este crescimento, melhores os resultados <sup>6</sup>. Na atualidade, esta percepção é bastante questionada dado que é evidente que

---

<sup>6</sup> SUÁREZ, Carlos E. *Energía eléctrica y sociedad*. San Carlo de Bariloche-Argentina, 1992.

uma política eficaz de economia e conservação de energia, em especial a energia elétrica, origina grandes reduções no consumo e nas perspectivas de necessidades de ampliação do parque gerador.<sup>7</sup>

A necessidade de capital para a expansão dos sistemas de energia elétrica gera pressões sobre os governos e sobre o sistema financeiro internacional. Aumentar a capacidade elétrica instalada nos mercados emergentes e nos países em desenvolvimento irá requerer investimentos que excedem às possibilidades de financiamento dos órgãos de fomento no âmbito mundial, mesmo porque a energia elétrica não é o único setor da infraestrutura a demandar recursos. O conselho mundial de energia prevê que um terço dos investimentos em energia até o ano 2020 será em energia elétrica.<sup>8</sup>

A busca da eficiência energética e do uso racional de energia surge então na medida em que se experimenta um alto crescimento da demanda, importantes limitações de financiamento e maior consciência de conservação ambiental. Neste último ponto têm grande peso os movimentos sociais e ecológicos contra a construção de grandes obras de geração e transmissão de energia elétrica. A partir do exposto, fica claro que é importante incorporar no planejamento do setor elétrico esta realidade social e econômica, principalmente buscando um uso mais eficiente da energia.

## 1.2 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM UNIVERSIDADES

Em um centro educativo, os usos finais de energia com consumo consideráveis correspondem à iluminação, ar condicionado, aquecimento de espaços, equipamentos de computação (computadores, servidores, e concentradores, entre outros), alguns motores e bombas. A utilização da água também é um fator que intervém no consumo de energia elétrica devido a que os edifícios precisam de bombas para fornecer água aos andares superiores.

---

<sup>7</sup> SILVA, Neilton Fidelis da. Conservação de energia elétrica no setor residencial: Um fator de qualidade. *Revista da ETFRN*. Brasil, ano 13, No. 2, p 1-7, set 1997.

<sup>8</sup> BORENSTEIN, Carlos Raul; CAMARGO, C. Celso de Brasil. *O setor elétrico : Dos desafios do passado às alternativas do futuro*. Porto Alegre, Sagra Luzzatto ed., 1997.

É importante salientar que nas universidades o horário de ponta não é igual ao horário de ponta de fábricas e residências, o qual ocorre durante três horas consecutivas entre as 17 horas e as 22 horas, enquanto que na Universidade Federal de Santa Catarina este horário ocorre entre as 13:45 horas e as 15:45 horas.

A Universidade Federal de Santa Catarina é uma grande consumidora de energia, utilizando diversas formas de serviços energéticos. O tamanho e o volume de atividades que realiza tornam impossível abranger, de uma só vez, todos os aspectos inerentes à conservação de energia. Isto obriga a definir prioridades e caracterizar importâncias, com relação ao tecnicamente possível, economicamente viável e até mesmo ao tempo de implantação deste diagnóstico. Neste sentido, esta pesquisa estará dirigida para a eletricidade, prevendo-se para os demais serviços energéticos apenas uma identificação de oportunidades de conservação.

Os dados mínimos para efetuar um diagnóstico energético são os projetos elétricos e diagramas da instalação, as políticas operativas e de manutenção, os hábitos de consumo, a caracterização de equipamentos, as medições pontuais de intensidade luminosa, tensão, corrente e outras variáveis elétricas, e a inspeção do estado das instalações elétricas, levando em conta unicamente os diferentes usos finais que têm maior relevância no consumo total de energia.

A conservação de eletricidade é feita, na realidade, apenas pelo controle de seu consumo. Entretanto, como seu custo depende também de outros fatores, como o fator de carga e o fator de potência, é importante adequá-los aos parâmetros de eficiência.<sup>5</sup>

O consumo total de eletricidade em uma edificação é influenciado pela quantidade e uso de aparelhos elétricos, seu tamanho ou capacidade, as características próprias do aparelho e a sua eficiência.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> WAIDE, Paul; LEBOT Benoît; HINNELLS, Mark. Appliance Energy Standards in Europe. *Energy and Buildings*. [S.l.], n 26, p 45-67, 1997.

O consumo de eletricidade de um aparelho está fortemente influenciado por fatores físicos externos tais como o clima, a qualidade do isolamento da edificação, os controles térmicos e os ganhos passivos para a demanda de aquecimento de espaços, e a disponibilidade de luz natural para a demanda em iluminação, entre outros<sup>9</sup>. Adicionalmente, têm-se aparelhos que funcionam exclusivamente com eletricidade e outros que podem ser substituídos por equipamentos que funcionam com combustível, especialmente com gás.<sup>9</sup>

### 1.3 OBJETIVOS

Sendo a energia elétrica um dos insumos básicos da universidade, que possibilitam sua produtividade acadêmica e de pesquisa, o objetivo geral deste trabalho foi levar a cabo um diagnóstico energético, testando a metodologia apresentada por ROMERO (1994)<sup>10</sup>, e incluindo algumas modificações e complementos, visando identificar o potencial de conservação de energia elétrica do Departamento de Engenharia Química, ENQ, da Universidade Federal de Santa Catarina.

A seleção deste departamento foi feita basicamente por três razões:

- ❖ A medida de energia elétrica desagregada para o departamento encontra-se disponível.
- ❖ O departamento tem grande variedade de equipamentos elétricos.
- ❖ Apresenta-se um alto consumo de energia neste local.

O estudo abrangerá um intervalo de tempo de 4 anos, dado que se dispõe de dados históricos, especialmente das contas de energia, desde o ano de 1995, inclusive.

---

<sup>10</sup> Romero, M. A., ***Método de avaliação do potencial de conservação de energia em campi universitários***: O caso da cidade universitária Armando Salles de Oliveira. São Paulo, FAUUSP, 1994. Tese de doutorado - USP.

Os objetivos específicos são:

- a. Analisar os fatores favoráveis e desfavoráveis, quanto ao manuseio e uso da energia, que servirão para delinear um esquema ótimo de uso racional da energia elétrica.
- b. Identificar os problemas pontuais, tanto nos equipamentos quanto na instalação elétrica.
- c. Obter os dados necessários para efetuar os cálculos do diagnóstico, tais como a magnitude do consumo de energia por cada uso final e o consumo total do departamento.
- d. Indicar as ações corretivas para economizar energia mediante a avaliação das novas tecnologias disponíveis no mercado para cada uso final.

#### **1.4 METODOLOGIA DO ESTUDO**

A metodologia para desenvolver o trabalho fundamenta-se em quatro etapas:

- a. Caracterizar o consumo de energia do departamento de ENQ: Esta parte é desenvolvida estudando as contas de energia de anos anteriores, e fazendo uma comparação destas contas com registros mensais efetuados no ano corrente.
- b. Caracterizar os hábitos de consumo da população do departamento de ENQ: Isto é feito mediante a aplicação e análise de questionários que avaliam as costumes desta população.
- c. Fazer uma análise tarifária: Consiste em verificar onde o registro de consumo é mais econômico, seja em alta ou em baixa tensão. Caso seja vantajoso, se solicitaria à concessionária (Celesc) mudança no ponto de medição. Adicionalmente, verificar se a tarifa atual aplicada à universidade é a mais atrativa do ponto de vista econômico.
- d. Definir estratégias de conservação de energia: Com base nos resultados obtidos nos itens "a" até "c", traçar estratégias para diminuir o consumo

de energia elétrica utilizando as tecnologias disponíveis no mercado brasileiro e avaliar cada estratégia com indicadores de rentabilidade para analisar o custo-benefício das mesmas.

## 1.5 RECURSOS UTILIZADOS

Os recursos utilizados para efetuar o estudo foram:

- Analisador de redes RE-1000 de fabricação EMBRASUL, n°. 0.147.665, com seus acessórios: 3 alicates de corrente, 6 transdutores de corrente, e cabo tetrapolar de tensão.
- Luxímetro digital marca ICEL, referencia LD-500 produzido na zona franca de Manaus.
- Medidores de variáveis elétricas, tais como voltímetro e amperímetro.
- Programa de computador SUMMER Version 2.0. *A tool for Passive Cooling of Buildings*. Desenvolvido por N. Klitsikas, V. Geros, M. Santamouris, E. Dascalaki, S. Kontoyiannidis, A. Argiriou. CIENE, Central Institution for Energy Efficiency Education, Division of Applied Physics, University of Athens.

## 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está dividido em sete capítulos e cinco anexos, os quais são rapidamente descritos em continuação.

**Cap 1. Introdução:** Indica que o assunto da dissertação é sobre o tópico conservação de energia, explicando amplamente a sua importância, objetivo e metodologia da dissertação.

**Cap 2. Revisão bibliográfica:** Apresenta, de um modo geral, o material bibliográfico relacionado com o tema, especialmente aquele que foi mais útil neste estudo. Comenta os pontos que têm sido analisados com maior profundidade nos artigos selecionados e as principais conclusões de cada trabalho.

**Cap 3. Metodologia de trabalho:** Apresenta detalhadamente a metodologia utilizada para a elaboração do estudo energético no departamento de ENQ da UFSC.

**Cap 4. Situação atual do departamento de ENQ (Diagnóstico Energético):** Analisa os resultados obtidos ao aplicar a metodologia apresentada no capítulo 3 no Departamento de Engenharia Química da UFSC.

**Cap 5. Estratégias de conservação de energia e análises econômicas:** Sugere diferentes estratégias de conservação de energia definidas a partir da análise de resultados feita no capítulo 4, e apresenta a análise econômica para cada uma das estratégias de conservação sugeridas, com o qual é possível verificar se é adequado implementar tais estratégias.

**Cap 6. Recomendações e conclusões:** Apresenta as recomendações e conclusões derivadas do estudo.

- **Anexo 1. Modelo de questionários:** Apresenta alguns questionários preenchidos pelo pessoal do departamento.
- **Anexo 2. Equipamentos dos laboratórios:** Mostra os equipamentos dos laboratórios, indicando a sua potência, o seu consumo e regime de utilização.
- **Anexo 3. Fator de potência e fator de carga:** Indica o peso que tem o fator de potência e o fator de carga no consumo de energia elétrica.
- **Anexo 4. Sistemas tarifários:** Dá uma explicação geral dos sistemas tarifários existentes no Brasil e mostra as diferenças existentes entre eles.
- **Anexo 5. Cronograma de atividades:** Exemplifica um cronograma de atividades para desenvolver diagnósticos energéticos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo pretende-se comentar uma série de trabalhos sobre conservação de energia que foram bastante úteis para a definição dos objetivos desta dissertação e a formulação da metodologia empregada.

Segundo SILVA (1997), a conservação e o combate ao desperdício de energia é um fator de qualidade, permitindo que sejam reduzidos custos e melhorando as relações com o meio ambiente, evitando ou adiando investimentos e criando um ambiente facilitador às novas tecnologias que incorporarem conceitos de uso eficiente de energia.<sup>11</sup>

Muitos profissionais têm-se interessado em estudar as causas do desperdício de energia e metodologias para exercer um controle contra esta realidade que afeta o mundo inteiro.

A revisão bibliográfica será dividida nos seguintes itens:

- Diagnóstico energético
- Usos finais e equipamentos elétricos
- Construção arquitetônica
- Casos bem sucedidos

### 2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

OLGUÍN no seu trabalho de titulação (1994)<sup>12</sup>, estabelece que os diagnósticos energéticos são uma importante ferramenta para combater o desperdício de energia visando o uso eficiente da mesma.

---

<sup>11</sup> SILVA, Neilton Fidelis da. Conservação de energia elétrica no setor residencial: Um fator de qualidade. *Revista da ETEFRN*. Brasil, ano 13, No. 2, p 1-7, set 1997.

<sup>12</sup> Olguin Parada, Gabriel Mauricio. *Uso eficiente de la energía eléctrica; una estrategia de desarrollo sustentable*. Universidad de Santiago de Chile, departamento de ingeniería eléctrica, 1994. Tesis de titulación – Ingeniero civil en electricidad.

Estabelece como objetivo principal de um diagnóstico energético a identificação dos potenciais de economia de energia, e em conseqüência, a redução de gastos, sem esquecer que, para assegurar o êxito da eficiência energética, o objetivo deve ser encaminhado por profissionais motivados e preparados.

A Comissão Federal de Eletricidade do México<sup>13</sup> define que um diagnóstico energético é um conjunto de avaliações técnicas que permitem determinar o grau de eficiência com que é utilizada a energia. Os tipos de diagnóstico são:

*Diagnóstico de primeiro nível:* Identifica medidas de economia energética, cuja aplicação é imediata e com investimentos mínimos, ou seja, não efetua uma análise exaustiva. Consiste na inspeção visual do estado e conservação das instalações, análise estatística de consumos e pagamentos por conceito de energia elétrica e combustíveis.

*Diagnóstico de segundo nível:* Compreende a avaliação da eficiência energética em áreas e equipamentos. Analisa dados de operação de equipamentos e os compara com as suas características de projeto. Analisa os diagramas de fluxo, unifilares, balanços de energia e quantifica as perdas e desperdícios. Por último, faz a avaliação econômica de recomendações que tiverem um retorno máximo de dois anos.

As fases para efetuar um diagnóstico energético são<sup>12</sup>:

1) *Pré-diagnóstico energético:* Consiste na tomada dos dados necessários para efetuar a posterior auditoria. Nesta fase utiliza-se um questionário como guia indispensável. Os dados a serem obtidos apresentam-se a seguir.

---

<sup>13</sup> Comisión Federal de Electricidad. *Ahorro de energía*. <http://www.conae.gob.mx/>. México.

- ❖ Dados gerais: Nome da empresa (neste caso a universidade), domicílio social, atividade e grupo ao qual pertence, dados pessoais da pessoa com quem tem-se contato na empresa.
- ❖ Dados energéticos: Regime de funcionamento, com informação de horas e dias de trabalho; consumo específico, consumo anual de energia, distribuição do consumo em eletricidade e os diferentes combustíveis, resíduos de combustíveis recuperáveis.
- ❖ Contratação: Tarifa de fornecimento em alta ou baixa tensão; potência máxima contratada ou de auto-geração; diferenciação entre a quantidade auto-gerada, consumida e vendida.

2) *Assessoria energética*: Usando os dados da fase anterior se faz um estudo do consumo de energia, e indicam-se as possíveis estratégias a serem realizadas nos processos susceptíveis de melhora energética. Posteriormente se faz um estudo econômico indicando a redução que se espera obter com as estratégias propostas.

3) *Diagnóstico de seguimento*: consiste em realizar um seguimento das estratégias implementadas visando determinar sua rentabilidade.

Na atualidade existem empresas, como a CONCAD<sup>14</sup>, que tem desenvolvido um sistema de gerenciamento de energia o qual mede variáveis elétricas tais como:

- ❖ Consumo de energia ativa nos horários de ponta e fora de ponta
- ❖ Consumo de energia reativa indutiva
- ❖ Consumo de energia reativa capacitiva
- ❖ Fatores de potência indutivo e capacitivo locais e gerais
- ❖ Demanda máxima de 15 minutos na ponta e fora de ponta
- ❖ Última demanda integrada na ponta e fora de ponta

---

<sup>14</sup> CONCAD Automação Industrial. *Sistema de gerenciamento de energia elétrica*. Minas Gerais-Brasil, p. 1-4, 1996.

A obtenção destes valores implica um monitoramento permanente do sistema por um período de tempo significativo, que pode ser um ou dois meses para efetuar um diagnóstico básico ou inicial.

No entanto, todos os estudos de conservação de energia têm as mesmas bases teóricas quanto à parte energética, e quanto ao procedimento para desenvolver o estudo existem diferentes metodologias.

## 2.2 USOS FINAIS E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

A CESP (1994)<sup>15</sup> argumenta que a análise dos consumos de energia por uso final permite localizar desperdícios, setores ineficientes, consumos reprimidos, e equipamentos obsoletos, entre outros.

WAIDE, LEBOT e HINNELLS (1997)<sup>16</sup> agregam que uma estratégia para conseguir diagnósticos energéticos corretos é efetuar o estudo orientado aos diferentes usos finais e analisar separadamente os equipamentos que pertencem a cada uso final, visando uma redução no seu consumo.

Por exemplo, o acionamento de máquinas e equipamentos mecânicos com motores elétricos é um assunto de considerável importância econômica devido a sua alta representatividade no consumo de energia. Admitindo-se um rendimento médio de 80% nos motores<sup>15</sup>, cerca de 15% da energia corresponde às perdas, razão pela qual os motores devem ser corretamente dimensionados.

As características mais importantes para a conservação de energia nos motores são o rendimento, potência, fator de potência (ver anexo 3) e carregamento, sem esquecer as características construtivas.

---

<sup>15</sup> CESP. *Programa sinergia de conservação de energia : Tópicos para consolidação da função conservação de energia*. São Paulo, 1994.

<sup>16</sup> WAIDE, Paul; LEBOT Benoît; HINNELLS, Mark. Appliance Energy Standards in Europe. *Energy and Buildings*. [S.l.], n 26, p 45-67, 1997.

Um motor subdimensionado eleva o fator de potência e perde rendimento, e se o motor está superdimensionado origina desperdício de energia elétrica e diminui o fator de potência.

O desperdício de água, os vazamentos e a desregulagem do tempo de descarga das válvulas são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de água, que em consequência aumenta o consumo de energia elétrica para o conjunto motor-bomba.<sup>17</sup>

Nos circuitos internos de distribuição deve-se procurar utilizar os maiores níveis de tensão permitidos pelos equipamentos, desta forma a corrente será menor e portanto menores serão as perdas por efeito Joule.

Por outro lado, a iluminação tem uma representatividade diferente nos diversos segmentos que a utilizam. Em todos os segmentos, porém, medidas de conservação na iluminação apresentam características importantes. Fatos como obedecer os níveis de iluminância prescritos pela norma brasileira, a escolha das luminárias, a escolha das lâmpadas, a limpeza das luminárias, a substituição das lâmpadas e a divisão adequada dos circuitos pode ajudar a uma utilização racional da energia elétrica<sup>18</sup>. Os reatores também podem economizar entre 2 e 15% fazendo uma adequada escolha entre as possibilidades existentes no mercado.

PROCEL (1993)<sup>17</sup>, recomenda que se um prédio não tem disjuntores temporizados para as lâmpadas de corredores e zonas comuns, deve ser instalada uma minuteria, a qual permite manter acesas temporariamente as lâmpadas desses locais. No mercado existem dois tipos de minuteria.

---

<sup>17</sup> PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Conservação de Energia Elétrica : Condomínios Residenciais**. Segunda edição. Rio de Janeiro, 1993.

<sup>18</sup> MAMEDE, João. **Revista mundo elétrico : Economia de energia elétrica na indústria e comércio (conclusão)**. Brasil, p 51-55, junho 1988.

- Sistema coletivo: Este sistema permite acender as lâmpadas de alguns ou de todos os andares ao mesmo tempo. O número de lâmpadas a serem controladas depende da capacidade da minuteria de cada fabricante, sempre em função da soma das potências das lâmpadas instaladas.
- Sistema individual: Este sistema permite ligar individualmente as lâmpadas de cada andar.

Nos transformadores, a transferência de energia é acompanhada de perdas no núcleo e nos enrolamentos. As perdas no núcleo dependem de sua construção (materiais utilizados, método de construção, etc) e do regime de funcionamento (por exemplo da temperatura de funcionamento), e as perdas nos enrolamentos dependem da corrente no primário e no secundário e da carga que está sendo alimentada<sup>15</sup>.

Os equipamentos como fornos, caldeiras e similares, apresentam bons rendimentos na conversão de energia térmica, mas no transporte e armazenamento de calor podem existir pontos de desperdício de energia dependendo do isolamento térmico das suas paredes<sup>15</sup>.

Na Europa, preocupados pela evidência de que após o setor do transporte, o uso de aparelhos elétricos é o maior causador do aumento de consumo de energia elétrica e de emissões de CO<sub>2</sub>, foram estabelecidas normas mínimas de eficiência nos aparelhos.

O estabelecimento das normas mínimas de eficiência implica:

1. Definir um protocolo de testes combinado universalmente;
2. Definir uma medida de eficiência combinada universalmente;
3. Conduzir uma análise de mercado para estabelecer a distribuição da eficiência energética;
4. Estabelecer as razões técnicas para a eficiência energética de aparelhos existentes no mercado e as possibilidades técnicas para melhorar a sua eficiência. Também deveria incluir uma análise econômica;

5. Verificar os custos de implementação das mudanças de projeto e os benefícios econômicos resultantes do baixo consumo de eletricidade;
6. Descrever as “políticas e o impacto ambiental” usando as informações dos passos 1 a 5 para avaliar os méritos das medidas para o aparelho especificado.

Concluem, então, que tem-se um grande potencial para conservar energia elétrica e minimizar emissões de CO<sub>2</sub>, melhorando a eficiência normal de aparelhos elétricos do mercado e minimizando os custos do ciclo de vida. A razão é que tem-se encontrado uma grande relação entre o custo do ciclo de vida e o consumo de energia dos aparelhos.

WAIDE, LEBOT e HINNELLS<sup>16</sup> descobriram adicionalmente que também são possíveis ganhos significativos de energia reduzindo o consumo dos aparelhos em modo standby. As perdas em modo standby podem ser reduzidas em 75 ou 80%.

Em geral, uma boa utilização dos aparelhos elétricos, de acordo com as recomendações do fabricante, origina um aporte significativo para o combate ao desperdício de energia.

### 2.3 CONSTRUÇÃO ARQUITETÔNICA

A construção arquitetônica também tem um papel muito importante na conservação de energia. Segundo LAMBERT, DUTRA e PEREIRA (1997), para obter um real conforto ambiental é preciso analisar tanto as variáveis arquitetônicas como as variáveis climáticas e as variáveis humanas<sup>19</sup>.

Nas variáveis climáticas, o efeito estufa ocasionado pelo comportamento de um vidro simples ante a radiação solar é um fenômeno que deve ser controlado, dado que este vidro permite a passagem das

---

<sup>19</sup> LAMBERT, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW editores, 1997.

ondas curtas (luz) e é praticamente opaco à radiação de onda longa (calor), que são geradas no interior da edificação por causa da luz entrante.

Dentro das variáveis humanas encontram-se o conforto térmico e o conforto visual. O primeiro pode ser avaliado utilizando o voto médio predito (PMV), que é um valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor. O índice PMV envolve dados sobre a velocidade do ar interior, a temperatura radiante, os níveis de atividade dos ocupantes do local avaliado, seus níveis do vestuário, a temperatura e a umidade relativa.

A equação do PMV proposta por FANGER em 1972, segundo foi publicado por YANG e SU (1997)<sup>20</sup>, indica que se o valor PMV é zero o conforto térmico é mantido, enquanto que os valores +1, +2 e +3 indicam que o lugar está ligeiramente tépido, tépido e quente respectivamente, enquanto -1, -2 e -3 indica uma situação térmica ligeiramente fresca, fresca e fria.

O índice PMV abriu uma nova era na projeção de sistemas de ar condicionado (HVAC), já que a velocidade do ar interior, a temperatura e a umidade relativa contribuem igualmente para alcançar certo nível PMV. Isto significa que algumas vezes pode ser aplicada a ventilação para alcançar o mesmo conforto térmico que o obtido por esfriamento, o qual revela um grande potencial de conservação de energia.

É demonstrado que usando um controlador inteligente para ajustar a velocidade do ar automaticamente, podem-se obter grandes ganhos de energia. A experiência indicou que pode-se obter uma redução de 30% no consumo de energia trocando-se parte do esfriamento por ventilação.

---

<sup>20</sup> YANG, K. H.; SU, C. H. *Building and environment : An approach to building energy savings using the PMV index*. Great Britain, Vol 32, No. 1, p 25-30, 1997.

Por exemplo, em 1996 TEITEL e TANNY<sup>21</sup> apresentaram um método estudado por BOON e BATTAMS, que consiste em movimentar mecanicamente o ar para uniformizar a distribuição de temperatura.

A forma mais eficiente para uniformizar a distribuição de temperatura é usar ventiladores de teto, os quais reduzem em uma alta porcentagem o pico de temperatura. Seu efeito aumenta com a velocidade do ventilador e diminui com a sua distância radial.

Por simplicidade assume-se que a distribuição de temperatura é função linear da altura, e que o ar interior atua como um gás perfeito e a sua densidade é principalmente função da temperatura. O efeito da relação umidade/densidade do ar foi desprezado.

Após a movimentação, a temperatura do ar,  $T_m$ , no local fechado, chegará a ser homogênea e seu valor é calculado com a seguinte expressão, assumindo que a pressão no local não muda devido ao agito do ar.

$$T_m = \frac{AH}{\ln\left(\frac{AH}{T_f} + 1\right)}$$

onde:

$A$ : Gradiente de temperatura, [°K/m]

$H$ : Altura do local, [m]

$T_f$ : Temperatura ao nível do chão, [°K]

No conforto visual, os requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual são iluminância suficiente, boa distribuição de luminárias, ausência de ofuscamento, contrastes adequados, e bom padrão e direção de sombras, sendo que a boa distribuição das luminárias não é sinônimo de uniformidade e que a escolha do contraste e o padrão das sombras depende da tarefa visual que é efetuada.

Dentro das variáveis arquitetônicas, encontram-se a forma, a função e os fechamentos como elementos predominantes na conservação de energia.

---

<sup>21</sup> TEITEL, M.; TANNY, J. *Building and environment*: A note on energy saving in heated. Great Britain, Vol 31, No. 6, p 537-540, 1996.

A forma arquitetônica interfere diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior e, também, na quantidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. Apenas uma distribuição diferente das janelas em um volume dado, ou a modificação da área de envidraçamento, já implica variações térmicas e visuais do clima interno.

A função arquitetônica interage com a forma arquitetônica e com a eficiência energética de um edifício. O mesmo projeto arquitetônico, se destinado a fins distintos como comércio ou habitação, por exemplo, pode resultar em comportamentos energéticos diferentes, dependendo do horário de funcionamento, dos ganhos internos de calor por iluminação, por equipamentos ou pela quantidade de pessoas que ocupam o local.

As trocas de energia, seja luz ou calor, acontecem entre os meios exterior e interior dos fechamentos ou envelope construtivo que envolve o ser humano.

Em um fechamento opaco (paredes) a transmissão de calor, que pode ser por condução ou convecção, acontece quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior.

Os fechamentos transparentes, que incluem janelas, clarabóias e outros elementos transparentes, são os principais responsáveis pelas trocas térmicas em uma edificação. Neste caso as trocas podem ser por condução e convecção como nos fechamentos opacos, ou por radiação.

Quando um edifício já estiver construído, melhorar a isolamento térmica externa das paredes não é lucrativo desde o ponto de vista econômico, mas do ponto de vista ambiental, o isolamento é adequado. Esta é a conclusão obtida por ERLANDSSON, LEVIN e MYHRE (1997)<sup>22</sup> ao avaliar o impacto

---

<sup>22</sup> ERLANDSSON, Martin; LEVIN, Per; MYHRE, Lars. *Building and environment : Energy and environment consequences of an additional wall insulation of a dwelling*. Great Britain, Vol 32, No. 2, p 129-136, 1997.

da instalação de um isolamento adicional na parede externa de um edifício usando uma capa de mineral de lã de alta densidade e uma rede de aço.

Existem adicionalmente outros elementos que intervêm levemente no conforto. As cores das superfícies, por exemplo, intervêm no conforto térmico ou visual, já que as cores escuras podem incrementar os ganhos de calor solar, e as cores claras refletem mais luz, o que pode ser empregado em conjunto com os sistemas de iluminação natural ou artificial.

## 2.4 CASOS BEM SUCEDIDOS

Foi exposto que existem publicações apresentando metodologias, normalização de equipamentos, ferramentas computacionais, sistemas tarifários, e o papel da educação neste tipo de programas, entre outros, mas a junção de todas estas teorias e argumentos encontra-se disponível em publicações que apresentam casos bem sucedidos.

Em 1998, ROCHA NEY<sup>23</sup> publicou os benefícios proporcionados por uma auditoria energética efetuada por "Information Liner" à empresa montadora de computadores Alcabyt eletrônica.

Nesta empresa havia quase uma centena de extensões elétricas conectando os equipamentos à rede de eletricidade, a rede de circulação de dados e a de alimentação de energia corriam juntas por todas as tubulações causando induções que atingiam diferença de potencial de até 35 V entre a fiação e a carcaça dos computadores, e ocorriam desligamentos causados por descargas atmosféricas.

Os problemas anteriormente mencionados não só originavam perda de arquivos, mas também a queda de faturamento na venda de equipamentos. As interrupções de energia elétrica causavam prejuízos de R\$ 2 mil a R\$ 3 mil mensais somente com a troca de equipamentos e componentes.

---

<sup>23</sup> ROCHA, Ney. *Brasil energia : Auditoria otimiza medidas de conservação*. Brasil, p 46, setembro 1998.

Foram implantadas as seguintes soluções:

- Instalação de uma nova rede de energia, dados e telefonia;
- Realocação de alguns setores, incluindo a troca do sistema de iluminação;
- Troca das luminárias de 160 W por luminárias de 63 W com reatores eletrônicos.

A despesa total da Alcabyt, com as alterações, incluído o custo do projeto, foi de US\$ 200 mil, mas estima-se que o retorno do investimento ocorrerá em seis a 12 meses, além da melhoria no desenvolvimento do trabalho executado na empresa.

WEINBERG (1980)<sup>24</sup> publicou um artigo com os resultados obtidos de um projeto para um prédio comercial de 19 andares, executado em 1974. No edifício localizam-se uma subestação transformadora de 1750 kVA e dois geradores de emergência de 250 kVA cada um, para iluminação de emergência, operação de um elevador, bombas de água, sistemas de segurança, suporte do sistema "no-break", iluminação e ar condicionado do CPD (centro de processamento de dados). Os geradores não foram incluídos no estudo, visto ser de uso eventual, da ordem de 100 h/ano.

Na parte de iluminação reduziu-se o nível de iluminamento de 600 lux para 500 lux, além de mudar as lâmpadas das áreas comuns de incandescentes para fluorescentes e suprimir 40% dos pontos incandescentes. Com estas medidas estimou-se uma redução da carga de iluminação em 36%.

Se adicionalmente inclui-se controle fotoelétrico, materiais com bom índice de reflexão, distribuição de luminárias por tarefa a realizar, previsão de interruptores e previsão de um sistema central de controle de acendimento (onde adequado), obtêm-se uma redução média de 20%.

O sistema de ar condicionado é centralizado; neste caso as economias são obtidas pela instalação de uma bomba de circulação de água (3% de redução no consumo), injeção de ar de exaustão mecânica dos sanitários (2%) e eliminação do poço pressurizado de ar exterior (1%).

No sistema de transporte vertical, uma operação à base de microprocessadores e a parada de n-1 elevadores fora do expediente reduziu o consumo de energia da ordem de 10%.

Em 1996, CANO e VILLAMIZAR<sup>25</sup> fizeram um estudo de uso racional de energia em uma central hidrelétrica utilizando uma metodologia de identificação de usos finais.

Os procedimentos efetuados foram a coleta de informação, o estabelecimento de hábitos de consumo utilizando questionários, a caracterização de equipamentos, as medições pontuais de intensidade luminosa, e a inspeção do estado das instalações de encanamento.

Foram identificados como usos finais mais representativos a iluminação, a preparação de alimentos, o aquecimento de espaços, o aquecimento de água e os serviços auxiliares da central.

De acordo com as análises econômicas foram recomendadas as seguintes estratégias de conservação de energia na central:

- Trocar as luminárias de mercúrio de 250 W das vias da central por luminárias de sódio à alta pressão de 70 W com fotocélula;
- Trocar as luminárias incandescentes das moradas por luminárias fluorescentes compactas;

---

<sup>24</sup> WEINBERG, Alexander. Racionalização do consumo de energia elétrica. *Revista mundo elétrico*. Brasil, janeiro, 1980.

<sup>25</sup> CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. *Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor* (5 documentos, ver bibliografía). Medellín-Colombia, 1996.

- Trocar as luminárias fluorescentes convencionais existentes nos escritórios a lâmpada de 39 W por tubos eficientes T12 ou T8, e trocar seus reatores magnéticos por reatores eletrônicos;
- Trocar os equipamentos elétricos para a preparação de alimentos (banho maria, marmitta, forno, estufa) por equipamentos à gás;
- Instalar temporizadores nos aquecedores elétricos;
- Trocar os equipamentos elétricos existentes na sauna por equipamentos a gás;
- Instalar contadores de energia para o registros dos consumos e a estimação de perdas nas redes de distribuição, e instalar contadores de água para controlar as perdas.

Se as estratégias de conservação de energia fossem implementadas conseguir-se-ia uma economia de 630 MWh/ano, o que equivale à energia consumida durante 7,5 meses na central.

Os casos anteriores demonstram que existe um grande potencial de conservação de energia, especialmente em prédios que tem mais de uma década de uso, mas o interesse real é conhecer os trabalhos feitos em centros educativos. THOMAS e STEEN (1996)<sup>26</sup> publicaram os resultados obtidos pelas reformas feitas no campo do Instituto Politécnico Rensselaer (RPI).

O objetivo consistiu de três metas principais: um programa de conscientização de economia de energia, seguido por uma extensa reforma das estruturas existentes, e finalmente a avaliação da viabilidade de co-geração.

Segundo eles, a mais importante tarefa na conservação de energia é conscientizar a quem a usa. No RPI, foi dado um incentivo aos

---

<sup>26</sup> THOMAS, Abby; STEEN, James. *Energy conservation*. <http://www.rpi.edu/~breyms/audit/>. Janeiro, 1996.

departamentos dependendo do resultado da conservação, o qual produziu resultados impressionantes na redução do consumo de potência e de custo no faturamento.

A segunda parte consistiu em reformar a infra-estrutura com tecnologias de conservação. Estas tecnologias incluíram um computador de controle do sistema completo, e bombas com capacidade de operar a velocidade reduzida durante os períodos de baixa demanda. As reformas foram selecionadas para obter um retorno do investimento em um período de 3 anos. Além disso foram adicionados termostatos aos radiadores, e adição de vidro duplo em algumas janelas, entre outros. O uso de tecnologia de co-geração foi rejeitada devido aos seus custos.

Como resultado, os maiores ganhos foram obtidos com a eficiência em iluminação utilizando o tubo T8; assim o custo em iluminação artificial foi reduzido em 25% anual. Em resumo, o efeito do sistema com todas as mudanças foi apreciável.

COX (1996)<sup>27</sup> apresentou um artigo explicando as reformas e resultados obtidos no campo universitário "Florissant Valley" visando a eficiência energética. As medidas incorporadas foram as seguintes:

- ❖ Todos os dutos duais de volume constante de ar (DDCV) foram substituídos por dutos duais de volume variável de ar (DDCVAV).
- ❖ Foram instalados detectores de movimento para controle da iluminação.
- ❖ Em laboratórios e espaços com requerimentos estritos, o DDVAV é controlado por um sistema de automatização de edifícios (BAS) para reduzir o fluxo de ar deliberado.

---

<sup>27</sup> COX, Robert L. *ASHRAE Journal* : Retrofit for a college campus. Missouri-EEUU, p 59-64, november, 1996.

Após a reforma, foi alcançada uma redução de 23% em energia elétrica. A melhor implementação foi a instalação do BAS já que ele facilita a operação e manutenção do campo pelas seguintes razões:

- ❖ Existem alarmes sobre todo equipamento de HVAC para a verificação de seu correto funcionamento;
- ❖ As funções de estado determinam quando é preciso fazer uma manutenção preventiva;
- ❖ As funções automáticas do software podem dar fácil operação ao sistema sem precisar de operadores durante o fim de semana;
- ❖ Possui uma tela para indicação de temperaturas de espaços e estratégias de controle, com o fim de solucionar imediatamente os problemas relacionados com o conforto.

O retorno do investimento total do projeto é 5,63 anos. Conclui-se que o projeto foi um sucesso, já que o custo da energia foi reduzido enquanto foi melhorada a qualidade de ar interior, o conforto térmico, a operação e a manutenção do edifício.

KOKAYKO (1997)<sup>28</sup> descreve os resultados das modificações feitas nos dormitórios do colégio Allegheny em Meadville, de acordo com as normas ASHRAE, visando obter um consumo de energia razoável. As metas da renovação foram as seguintes:

- ❖ Substituir completamente o sistema de aquecimento do edifício. Para a seleção das plantas de aquecimentos de espaços foram feitas simulações por computador;
- ❖ Adicionar um sistema de ventilação ao edifício;
- ❖ Atualizar o sistema elétrico do edifício;

---

<sup>28</sup> KOKAYKO, Michael J. *ASHRAE Journal* : *Dormitory renovation project reduces energy use by 69%*. EEUU, p 33-36, June, 1997.

- ❖ Prover a instalação de cabos para computação de dados e a instalação elétrica de TV à cabo para cada quarto.

O sistema DDC reporta todas as precauções e alarmes para o sistema do campo, com o fim de prestar atenção imediata. As unidades de ventilação são monitoradas para substituição de filtros de ar e correias de ventiladores.

Um ano após a renovação dos dormitórios, houve uma redução de 69% no uso de energia. Esta melhora foi alcançada sem trocas significativas na arquitetura dos quartos, ou seja, a redução de energia elétrica foi somente o resultado do projeto do sistema mecânico.

GODOY (1996)<sup>29</sup> apresentou as etapas, conclusões e recomendações de um diagnóstico energético desenvolvido na escola politécnica de Pernambuco. Em total, foram seis etapas:

- ❖ *Levantamento da potência instalada:* Foram selecionados três pontos de medição de energia em baixa tensão que incluíram vários blocos. Este levantamento consistiu basicamente no levantamento descritivo de todos os equipamentos elétricos em cada sala e seu consumo de potência.
- ❖ *Levantamento da curva de carga:* Foram realizadas medições nos três pontos com dois equipamentos diferentes. A curva de carga baseou-se nessas medições.
- ❖ *Levantamento do nível de iluminação:* As medições realizadas nas salas constataram que os valores medidos estavam abaixo dos requeridos pela norma NB-57, que estabelece um mínimo de 300 lux para salas de aulas e escritórios, e 550 lux para salas de projeto, bibliotecas e laboratórios. O iluminamento mínimo foi determinado por três fatores: idade inferior aos 40 anos, velocidade e precisão da tarefa, e refletância

---

<sup>29</sup> GODOY, Antonio Varejão de et al. *Diagnóstico energético : A experiência da escola politécnica de Pernambuco*. Recife-Brasil, p 12, [1996].

das paredes e tetos. As medições foram efetuadas em seis pontos diferentes em cada sala.

- ❖ *Dimensionamento adequado da refrigeração:* Foi verificada a capacidade de cada equipamento instalado em cada ambiente. O cálculo exato da carga térmica necessária é dado em função do número médio de pessoas, da orientação solar, do tipo e da área de cada ambiente. Verificou-se que havia um superdimensionamento da refrigeração em algumas salas, pelo qual foi calculado o potencial de redução de demanda em cada ambiente.
- ❖ *Estudo de simulação para a escolha do enquadramento tarifário ótimo:* As simulações realizadas para a mudança de tarifa incluem todas as possíveis opções em alta tensão. Como consequência do estudo, foi selecionada como melhor opção a tarifa horo-sazonal verde, passando primeiro por uma fase experimental.
- ❖ *Cálculo do investimento necessário:* O investimento foi avaliado para os seguintes casos: mudança tarifária para o esquema horo-sazonal verde, mudança na iluminação e na criação de uma cultura de conservação.

A maior perspectiva de conservação é na carga de iluminação, que terá uma redução no consumo de 8,3% e na conta de 10,04% e seu investimento terá um tempo de retorno de 1,3 anos.

O dimensionamento adequado da refrigeração terá uma redução de 10,32% no consumo e 8,5% na conta de energia.

A implantação de medidas educacionais e de modificação da cultura dos corpos discente, docente e administrativo, com o objetivo de administrar de forma mais eficiente e racional o uso da energia elétrica, tem uma expectativa de redução no consumo da ordem de 2%.

RODRIGUES et al (1997)<sup>30</sup> fizeram uma descrição das linhas de ação do programa permanente para o uso eficiente da energia elétrica na USP. As linhas são:

- ❖ *A questão tarifária:* Nesta linha será analisada a redefinição do grupo de tarifa aplicado à universidade, o processo descentralizado das medições, a transição do sistema de distribuição, e o processo que solicita a propriedade da subestação cidade universitária.
- ❖ *Sistema de monitoração do consumo:* Esta linha compreende a definição, implantação, monitoração e operação do sistema de monitoração e controle de energia elétrica; analisar as faturas mensais de energia elétrica e atuar na negociação de contratos de demanda e verificação de anomalias; estabelecer o procedimento para rateio do consumo interno de energia elétrica; dar suporte técnico às equipes de manutenção do sistema elétrico de distribuição da universidade; e identificar as instalações mais prioritárias para a implantação de projetos de conservação de energia.
- ❖ *Projetos de conservação de energia:* Esta linha abrange a elaboração do diagnóstico energético de cada unidade escolhida; a proposição de medidas eficazes para o uso da energia; a substituição de equipamentos pouco eficientes; e a implantação de campanhas orientadoras aos usuários dos edifícios contra o desperdício de energia.
- ❖ *Campanhas contra o desperdícios de energia:* Esta linha tem como objetivo elaborar, implantar e divulgar campanhas de combate contra o desperdício de energia elétrica e divulgar artigos e material com relação a este programa nos meios de comunicação.

---

<sup>30</sup> RODRIGUES, Antonio et al. *Programa permanente para o uso eficiente da energia elétrica na USP*. São Paulo, 1997.

- ❖ *Normas para a aquisição e substituição de equipamentos:* Esta linha consiste em elaborar as diretrizes e normas para a aquisição de novos equipamentos, orientar a aquisição de equipamentos especiais, e procurar e viabilizar mecanismos de financiamento para a substituição de equipamentos pouco eficientes.
- ❖ *Recomendações para a construção de novos edifícios:* A equipe desta linha deverá ser multidisciplinar (composta por engenheiros, e arquitetos, entre outros) e se encarregará de elaborar e divulgar as recomendações para a construção de novos edifícios.

Finalmente concluem que os benefícios com a implantação deste programa não se limita simplesmente a resultados de ordem financeira, mas abre campo para a pesquisa, para o ensino e para a extensão.

SAIDEL et al (1997)<sup>31</sup> apresentaram todas as etapas envolvidas no processo de levantamento de dados e no diagnóstico energético de edificações de ensino universitário.

A tomada de dados foi dividida em dois grupos:

- ❖ *Levantamento amostral no campus:* É o levantamento global do uso de energia elétrica no campus (perfil do consumo geral), sem a preocupação de elaborar um diagnóstico energético detalhado.
- ❖ *Levantamento de dados das unidades escolhidas:* É o levantamento minucioso das características do consumo e do potencial de conservação de energia elétrica nas diferentes unidades escolhidas.

Uma vez que as atividades foram divididas em dois grupos, a metodologia no que diz respeito ao levantamento e tratamento de dados foi a seguinte.

---

<sup>31</sup> SAIDEL, Marco Antonio et al. *A conservação de energia em instituições universitárias: O programa de conservação na USP*. XIV SNPTEE. Belém-Brasil, p. 6, 1997.

- ❖ *Levantamento e tratamento amostral no campus:* A informação foi obtida usando uma planilha com um questionário e a planilha propriamente dita. O questionário recolhe informações relacionadas com as características físicas, os hábitos de uso e o estado de conservação de cada edifício. A planilha tem por objetivo levantar as informações individuais de cada ambiente do edifício no que diz respeito às características físicas, potência instalada em iluminação e potência instalada em equipamentos.
- ❖ *Seleção das unidades analisadas e levantamento e tratamento de dados:* O índice consumo de energia elétrica por área construída foi adotado como critério para a escolha das unidades a serem analisadas. Este índice contempla simultaneamente a potência instalada e os hábitos de uso da unidade ao considerar o seu consumo de energia elétrica. Outro critério adotado para a escolha das unidades foi a participação do sistema de iluminação no consumo da unidade.

O processo de levantamento de dados aplicado às unidades foi dividido em duas etapas. A primeira etapa correspondeu à medição direta que constituiu o monitoramento das cabinas primárias e dos quadros de força das instalações através de equipamentos analisadores de energia, capazes de medir todas as grandezas físicas para a análise minuciosa da instalação. A segunda etapa foi o levantamento de dados por inspeção de ambientes, na qual são cadastradas as características físicas das instalações, os hábitos de uso de seus ocupantes e as potências instaladas nos vários usos finais considerados. Também foram medidos os níveis de iluminação.

- ❖ *Metodologia para a segmentação do consumo em seus diferentes usos finais perfil do consumo geral:* O consumo desagregado por usos finais pode ser estimado através do fator de carga da instalação e dos fatores de demanda típicos obtidos em normas ou em publicações especializadas.

Esta metodologia também pode ser aplicada a qualquer outro tipo de edificação.

REIS et al (1996)<sup>32</sup> abordaram a definição de um programa de conservação de energia elétrica no campus da cidade universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO) da Universidade de São Paulo. A metodologia adotada leva em conta a redução de custos e de investimentos passando pelos seguintes elementos:

- ❖ Levantamento de campo, execução de medições, e coleta de dados, através da consulta aos usuários e medições no local, indicando os pontos possíveis de conservação de energia, para uma série de usos finais, onde seriam quantificadas as economias resultantes sob os aspectos técnicos e econômicos.
- ❖ Identificação, agrupamento, classificação e seleção de unidades com características físicas semelhantes e representatividade do consumo de energia, utilizando uma mostra de dados e avaliando-os estatisticamente.
- ❖ Formação de um banco de dados, utilizando as informações coletadas e sistematizadas através de softwares existentes com atualização constante, fornecendo continuidade ao programa de conservação.
- ❖ Levantamento das estratégias de economia de energia.
- ❖ Informação quanto aos benefícios, prováveis investimentos e economia, e possíveis resultados.

Espera-se uma valiosa contribuição à sociedade e à universidade, pela divulgação dos resultados deste programa de conservação de energia elétrica.

---

<sup>32</sup> REIS, Lineu Bélico dos et. *Diagnóstico sobre o uso da energia elétrica na universidade de São Paulo*. São Paulo-Brasil, p 13, [1996].

ROMÉRO (1994)<sup>33</sup> desenvolveu um método para avaliar o potencial de conservação de energia elétrica em campi universitários. O método proposto é, antes de tudo, uma evolução e adaptação dos métodos existentes, especialmente do apresentado pela Agência para a Aplicação da Energia<sup>34</sup>, levando em conta os seguintes critérios:

- ❖ Aplicabilidade em edificações existentes
- ❖ Inclusão da análise do uso e da gestão da eletricidade
- ❖ Representatividade no seu país de origem
- ❖ Aplicabilidade no setor de comércio e serviços

A importância do último critério deve-se a que no Brasil os edifícios escolares do terceiro grau estão classificados como pertencentes ao setor comercial ou ao setor público.

A metodologia sugere que se faça uma análise profunda de:

- ❖ Análise das contas energéticas – macro agregadas
- ❖ Levantamento dos consumos desagregados por usos finais
- ❖ Análise dos consumos desagregados por usos finais específicos
- ❖ Definição das estratégias para conservar energia, ECOS's
- ❖ Análises econômicas

E uma análise superficial de :

- ❖ Análise das contas energéticas por unidade
- ❖ Projeções e cenários

---

<sup>33</sup> Romero, M. A., **Método de avaliação do potencial de conservação de energia em campi universitários**: O caso da cidade universitária Armando Salles de Oliveira. São Paulo, FAUUSP, 1994. Tese de doutorado - USP.

<sup>34</sup> AGÊNCIA para a aplicação de energia. **Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica nos setores comercial e de serviços**. São Paulo: [s.n.], 1988.

No levantamento de “macro-dados” (dados globais) os itens a serem considerados são: o grupo de faturamento no qual o estudo do caso está alocado e a tensão de fornecimento consoante a este grupo; o levantamento de consumos e demandas para analisar seus valores em todas as estações do ano, bem como, durante os meses escolares e de férias; o levantamento de dados demográficos para comparar a evolução da população com a evolução de outros indicadores tais como consumo, demanda, e área construída; e por último, levantamento das áreas totais construídas no campus em análise para fazer uma correlação com o acréscimo da demanda.

Na tabulação de macro dados são utilizados os dados obtidos no levantamento de macro dados para calcular os consumos anuais totais, consumos médios mensais e mensais por usuário, demanda anual, e demanda média mensal.

A demanda e o consumo de energia elétrica são função direta da área construída, da população envolvida e do tipo de utilização dos ambientes. Neste sentido, esta etapa do trabalho procura resgatar dados estatísticos sobre a implantação no campus, dados sobre o aumento populacional da universidade, e dados de demanda e do consumo de energia elétrica desde a ocupação inicial.

Os dados demográficos são agrupados em 4 grandes categorias, a saber:

- ❖ Alunos: Inclui alunos de graduação e de pós-graduação tanto nacionais quanto estrangeiros, e os alunos de outros cursos diferentes.
- ❖ Professores: O corpo docente em regime integral dedicado à docência e a pesquisa, em regime de turno completo, em regime de turno parcial, e outros regimes.
- ❖ Funcionários.
- ❖ Usuários: Inclui os três anteriores.

O levantamento de dados amostrais objetiva detalhar o comportamento e a origem dos consumos e das potências do estudo. Para a escolha da amostra em campi universitários, uma opção viável são as amostras não equiprobabilísticas. Estas devem incluir edifícios por tipologia de uso e tipologia de projeto arquitetônico, os quais devem fazer parte da área construída total útil.

Consideram-se 5 tipologias de uso: ensino e pesquisa, centros e institutos especializados, hospitais e serviços anexos, museus, e órgãos centrais de direção e serviço.

Consideram-se como áreas úteis os espaços destinados a atividades de aula (setor de ensino), professores (setor de professores), laboratórios, bibliotecas, administração e apoio (escritórios), circulação, e outras áreas.

O universo amostral deve ser selecionado levando em conta a sua representatividade dentro da área a ser estudada e que suas características sejam semelhantes aos grupos mais representativos do campi com relação ao consumo de energia, com o fim de que as recomendações e os cenários futuros possam ser aplicados no campo total da universidade.

Uma vez definido o universo amostral é necessário definir os edifícios que farão parte da amostra representativa. Os critérios que definirão sua escolha são: incluir edifícios das diferentes áreas de estudo na universidade, incluir todos os tipos de ambiente e contemplar edifícios projetados em períodos diferentes.

Em cada edifício da amostra deve-se levar em conta a modificação da disposição de espaços interiores do projeto original, o levantamento de áreas parciais e totais para fazer a análise de consumo e potência instalada por usos finais e totais, o levantamento dos consumos e das demandas sazonais registradas por edifício em uma série histórica de no mínimo um ano, e o levantamento das condições de utilização da energia (indicadores).

Adicionalmente, deve-se fazer o cálculo dos consumos desagregados por usos finais em todos os edifícios. Devem ser levantados e analisados todos os espaços cobertos ou descobertos que possuem potência instalada, mesmo que alguns destes espaços sejam usados esporadicamente.

Os usos finais típicos em edifícios escolares foram divididos em 6 grupos: iluminação, ar condicionado, equipamentos de computação, equipamentos diversos, equipamentos de laboratório, e equipamentos de oficinas. Para cada uso final devem ser obtidas as potências instaladas, as perdas de potência dissipada, o regime de utilização, os rendimentos, e o consumo final mensal.

Deve-se obter a informação relativa às lâmpadas e os reatores (potência, fluxo luminoso, eficiência luminosa, vida média e tensão de alimentação), os níveis de iluminância, as potências nominais dos equipamentos, o seu consumo de energia reativa e o seu fator de potência.

Uma vez conhecidos os consumos desagregados e as potências instaladas, é possível relacioná-los de forma a obter-se uma classificação do comportamento energético do estudo por categoria ou tipo de ambiente.

Uma etapa importante do processo é a comparação dos consumos e das demandas estimadas com os consumos medidos pela concessionária.

Posteriormente, deve-se calcular uma série de índices energéticos tais como a potência instalada por unidade de área por tipo de edifício [ $W/m^2$ ], a potência instalada por uso final por tipo de edifício [W], a potência demandada total por tipo de uso do edifício [kW], o consumo por tipo de uso do edifício [ $kWh/m^2 \cdot mês$ ] e o consumo por uso final por tipo de uso do edifício [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]. Estes índices serão comparados com os índices de outros edifícios semelhantes e permitirão tomar as decisões mais acertadas para a etapa das ECO's.

Entende-se por ECO (estratégias de conservação de energia), qualquer medida que traga como benefício uma conservação nominal de energia, quer sob a forma de potência/demanda, quer sob a forma de consumo. Entende-se por conservação de energia, toda e qualquer medida que traga como benefício uma redução do consumo/demanda sem prejudicar o desempenho de um dado sistema individual.

Os potenciais de conservação de energia são estudados em dois grupos:

1. Grupo tarifário: Analisa as demandas, os fatores de carga e de potência para as tarifas convencionais e horo-sazonais.
2. Grupo de usos finais: Analisa os potenciais de redução de consumo e demanda para a iluminação artificial com um estudo conseqüente de iluminação natural. Este uso foi escolhido em virtude da iluminação ser responsável pelo maior consumo energético encontrado em edificações escolares de terceiro grau.

Entre as possíveis ECO's encontradas, todas sem exceção podem se traduzir em economias financeiras, proporcionadas por menores dispêndios nas contas de energia elétrica.

#### *ECO's no grupo tarifário*

- ❖ Potencial de conservação de demanda contratada em tarifa convencional e horo-sazonal: É a diferença entre a demanda faturada mensal e a demanda registrada, o que permite identificar se está pagando-se por uma demanda não utilizada e se o contrato deve ser revisto.
- ❖ Potencial de redução de demanda com a melhoria do fator de carga na tarifa convencional: O fator de carga indica a forma como a energia está sendo consumida na instalação. Nos edifícios escolares este fator não é constante, sendo mais intenso nos meses de fevereiro a junho e de

agosto a novembro; os meses de dezembro e janeiro não devem ser considerados.

- ❖ Redução da tarifa de ultrapassagem no segmento horo-sazonal: Em uma redução da demanda contratada, além do acréscimo pago por cada kW demandado em excesso, é cobrada do consumidor uma tarifa excedente.
- ❖ Potencial de redução de demanda com a melhoria do fator de carga na tarifa horo-sazonal: É igual à tarifa convencional, porém deve ser aplicado individualmente para os horários de ponta e fora de ponta na tarifa verde.
- ❖ Ajuste do fator de potência: Segundo a legislação, os fatores de potência inferiores a 0,92 devem ser penalizados com uma taxa adicional.

#### *ECO's para a iluminação artificial*

Propõe-se o método das cavidades zonais e o método dos fluxos para avaliar somente as variáveis ligadas à iluminação artificial; mas quando se deseja considerar adicionalmente a iluminação natural é preciso utilizar como ferramenta alguns “softwares” (por exemplo o DOE-2).

Nas análises de custo-benefício objetiva-se fornecer parâmetros econométricos que auxiliem a decisão da implantação de uma dada medida de conservação. Os indicadores mínimos que devem ser calculados são:

- ❖ Custo de conservar energia (CCE): É o custo anual de investimento em tecnologias dividido pela economia anual de energia.
- ❖ O custo de evitar a demanda de pico (CEP): Razão entre o valor presente líquido de investimento, operação e manutenção em uma usina produtora de energia, e a economia da capacidade instalada.
- ❖ O benefício atual líquido do consumidor (BALc): Avalia e compara a viabilidade, para o consumidor final, de utilizar determinadas tecnologias com níveis diferenciados de eficiência.

- ❖ O potencial de energia economizada anualmente: Subtração entre o consumo em kWh total das tecnologias atuais e o consumo total das tecnologias implantadas.
- ❖ O período de retorno do investimento: É a forma mais simples de avaliar a viabilidade de um investimento em tecnologias mais eficientes.

Como foi dito anteriormente, encontrou-se que o uso final de maior representatividade é a iluminação artificial. O modelo de avaliação para este uso final utilizou um programa de simulação chamado "DOE-1 1.C". Para efeito da simulação foram escolhidos 4 ambientes com características diferentes.

Os dados de entrada do programa foram: tipo de sala, dimensões, número médio de ocupantes, potência dissipada em iluminação, potência dissipada em equipamentos, tipo de lâmpada, calor metabólico por ocupante, iluminância média desejada, controle da iluminação artificial, horário de utilização da iluminação artificial, horário de funcionamento dos equipamentos e horário de ocupação pelos usuários.

A partir dos dados de entrada, que são as características arquitetônicas, as características construtivas e as condições de uso e operação dos espaços simulados, o programa emite três tipos de dados de saída:

- ❖ Percentual de redução de energia elétrica, PREE: Indica a redução do consumo de energia elétrica para cada ambiente, tendo em vista as condições de iluminação natural.
- ❖ Percentual de horas em que a iluminância excede o limite fixado, PHIEF: Indica o valor médio, para todo o período diário, em que a iluminância exterior excede os limites de iluminância mínima fixados para cada um dos ambientes simulados.
- ❖ Iluminância média interior, IMI: Indica os níveis de iluminância média existente nos dois pontos demarcados pelo pesquisador, existentes no interior de cada ambiente.

Em resumo, as três ECO's propostas, após a execução do programa e da análise estatística, foram:

- ❖ Melhoria no fator de carga e renegociação de contratos de demanda.
- ❖ Redução no consumo de energia devido à melhoria das condições de iluminação natural e artificial.
- ❖ Redução no consumo de energia devido à substituição dos reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos.

Analisando a implantação das três ECO's propostas, que não originam investimentos iniciais nas atuais instalações da universidade, tem-se um grande potencial de conservação de energia elétrica (26300 MWh de consumo e 21,9 MW de demanda até o ano 2001).

No caso em que forem introduzidas modificações nas instalações existentes, como por exemplo na iluminação artificial e no seu regime de utilização, o potencial de conservação pode ainda ser mais elevado. Considerando que 40% deste uso final pode ser conservado e considerando que a iluminação artificial corresponde a 65,5% do consumo médio do campus, cerca de 26% do atual consumo pode ser conservado.

Potenciais ainda maiores que os já citados poderiam ser alcançados na universidade se fosse constituída uma equipe permanente de gerenciamento energético. Em geral, o método proposto permite conhecer em detalhe o comportamento do consumo e da demanda de energia elétrica e, por intermédio de cenários e projeções, permite determinar potenciais e estratégias de conservação de energia elétrica em edifícios escolares do terceiro grau.

O método também permite determinar com boa precisão o consumo desagregado por usos finais em um dado estudo, atingindo valores de consumos agregados totais praticamente coincidentes com aqueles medidos pela concessionária.

O método foi desenvolvido para ser aplicado a estabelecimentos de ensino do terceiro grau, entretanto, ficou claro que o mesmo pode ser adotado para outros edifícios escolares e, se forem introduzidas outras variáveis de caráter metodológico, o método poderá ser aplicado de forma adequada em edifícios do setor de Comércio e Serviços.

### **3. METODOLOGIA DE TRABALHO**

Neste capítulo é apresentada detalhadamente a metodologia para levar a cabo o levantamento de dados, o seu processamento estatístico, a elaboração de estratégias de conservação de energia, assim como a formulação para as análises econômicas.

#### **3.1 LEVANTAMENTO MACRO DA SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO DEPARTAMENTO DE ENG. QUÍMICA**

##### **3.1.1 Projetos da instalação**

Quando possível, deve-se dispor dos projetos do edifício, tanto da parte elétrica como da parte civil. Através dos projetos elétricos pode-se identificar a distribuição dos circuitos e os diferentes usos finais associados com cada circuito; com os projetos civis é possível saber a área de cada sala e a posição e direção do edifício, para verificar o conforto térmico de acordo com a radiação solar que incide principalmente pelas janelas.

##### **3.1.2 Contas de energia**

As contas de energia, de pelo menos os últimos 12 meses, devem estar disponíveis para analisar o comportamento dos consumos de energia e das demandas de potência nos períodos de inverno, verão e meia estação, bem como durante os períodos escolares. Se possível, identificar os edifícios de maior consumo de energia, e verificar se estes valores são concordantes. Este item será desenvolvido com o repasse das contas de energia à Tabela 1.

**Tabela 1. Consumo de energia parciais e totais, [kWh]**

Ano	Mês	Grupo	Consumo mensal	Consumo médio grupo	Consumo total anual	Consumo médio anual
1	J	G-1	a	$\frac{a+b+c}{3}$	$a+\dots+m$	$\frac{a+\dots+m}{12}$
	F		b			
	M		c			
	A	G-2	d	$\frac{d+e+f}{3}$		
	M		e			
	J		f			
	J	G-3	g	$\frac{g+h+i}{3}$		
	A		h			
	S		i			
	O	G-4	j	$\frac{j+l+m}{3}$		
	N		l			
	D		m			
2	J	G-1	a'	$\frac{a'+b'+c'}{3}$	$a'+\dots+m'$	$\frac{a'+\dots+m'}{12}$
			b'			
			c'			
	A..D	G...	d'..m'			

Na Tabela 1 o grupo G-1 abrange os meses de janeiro, fevereiro e março; G-2, os meses de abril, maio e junho; G-3, os meses de julho, agosto e setembro; e G-4, os meses de outubro, novembro e dezembro.

Para a tarifa convencional, os valores das demandas de potência mensais serão apresentados em uma tabela similar à Tabela 1, adicionando três colunas com os dados de demanda de potência registrada, demanda de potência contratada e 85% da maior demanda de potência registrada nos 11 meses anteriores, tal como se mostra na Tabela 3 do próximo capítulo. O maior dos três valores de demandas de potência será a demanda de potência faturada.

No caso da tarifa horo-sazonal, seja azul ou verde, a demanda faturada será a maior entre a demanda de potência registrada e a demanda de potência contratada.

Outros dados importantes das contas de energia a serem analisados são o fator de potência e o fator de carga. Para a análise desses dados pode-se utilizar a Tabela 2.

Tabela 2. Fator de potência e fator de carga

Ano	Mês	Grupo	Fator de potência	fp médio grupo	fp médio anual	Fator de carga	fc médio grupo	fc médio anual
1	J	G-1	a	$\frac{a+b+c}{3}$	$\frac{a+\dots+m}{12}$	A	$\frac{A+B+C}{3}$	$\frac{A+\dots+M}{12}$
	F		b			B		
	M		c			C		
	A	G-2	d	$\frac{d+e+f}{3}$		D	$\frac{D+E+F}{3}$	
	M		e			E		
	J		f			F		
	J	G-3	g	$\frac{g+h+i}{3}$		G	$\frac{G+H+I}{3}$	
	A		h			H		
	S		i			I		
	O	G-4	j	$\frac{j+l+m}{3}$		J	$\frac{J+J+M}{3}$	
	N		l			L		
	D		m			M		
2	J	G-1	a'	$\frac{a'+b'+c'}{3}$	$\frac{a'+\dots+m'}{12}$	A'	$\frac{A+B+C}{3}$	$\frac{A'+\dots+M'}{12}$
	F		b'			B'		
	M		c'			C'		
	A..D	G...	d'..m'	D'..M'				

Para a tarifa convencional, se o fator de carga não está indicado na conta de energia, ele pode ser calculado utilizando a seguinte expressão.

$$F_c = \frac{C}{D \cdot 730}$$

$F_c$ : Fator de carga

C: Consumo de energia [kWh]

D: Demanda de potência [kW]

730: Número médio de horas/mês

Para a tarifa horo-sazonal azul, o fator de carga é calculado como:

$$F_{Cp} = \frac{C_p}{D_p \cdot 66} \quad F_{Cfp} = \frac{C_{fp}}{D_{fp} \cdot 664}$$

$F_{Cp}$ : Fator de carga no horário de ponta

$F_{Cfp}$ : Fator de carga no horário fora de ponta

$C_p$ : Consumo de energia no horário de ponta [kWh]

$C_{fp}$ : Consumo de energia no horário fora de ponta [kWh]

$D_p$ : Demanda de potência no horário de ponta [kW]

$D_{fp}$ : Demanda de potência no horário fora de ponta [kW]

66/664: Número médio de horas/mês, na ponta e fora de ponta

Para a tarifa horo-sazonal verde, o fator de carga é calculado como:

$$F_C = \frac{C_p + C_{fp}}{D \cdot 730}$$

$D$ : Demanda de potência, [kW]. Nesta tarifa  $D_p = D_{fp}$ .

730: Número médio de horas/mês

Na tarifa azul existem preços diferenciados de demanda de potência e consumo de energia para os horários de ponta e fora de ponta, e para os períodos seco e úmido. Na tarifa verde são diferenciados apenas os preços do consumo de energia, enquanto a demanda de potência tem um preço único.

### 3.1.3 Universo populacional

A evolução do consumo de energia deve ir acompanhada, para o mesmo período de tempo considerado na Tabela 1, com a evolução do crescimento populacional. Os dados devem ser agrupados de forma similar à mostrada na Tabela 3.

**Tabela 3. Evolução do consumo de energia e da população**

Ano	Consumo médio anual	População				
		Alunos	Professores	Funcionários	Outros	Total
1	kWh	A	B	C	D	A+...+D
2						
⋮						
N	nkwh	na	nb	nc	nd	na+...+nd

Para calcular o universo populacional, usa-se a expressão  $U_E = A_E + P_E + F_E$ , fazendo um levantamento demográfico por extratos, onde:

$$A_E = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot h_{ai}}{40} \quad P_E = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \cdot h_{pi}}{40} \quad F_E = \sum_{i=1}^n \frac{f_i \cdot h_{fi}}{40}$$

$U_E$ : Universo equivalente

$A_E$ : Alunos equivalentes

$P_E$ : Professores equivalentes

$F_E$ : Funcionários equivalentes

$a_i$ : Alunos por regime de estudo. Se neste extrato existirem sub-extratos com regimes diferenciados, tais como: alunos do curso secundário, alunos de graduação, alunos de pós-graduação, alunos especiais, ou outros, estes extratos serão calculados em forma individual e inseridos na mesma equação.

$p_i$ : Professores por regime de trabalho. Os sub-extratos podem ser: professores com regime de dedicação exclusiva, em regime de turno completo ou em regime de tempo parcial.

$f_i$ : Funcionários por regime de estudo.

$h_{ai}$ ,  $h_{pi}$ ,  $h_{fi}$ : Número de horas despendidas pelos alunos, professores e funcionários na universidade, por semana, respectivamente.

40: Carga horária máxima semanal para efeito de aferição.

Se no estudo de caso em análise houver um determinado extrato populacional não contemplado, o princípio para determinar a sua quantidade equivalente é o mesmo das equações para calcular  $A_E$ ,  $P_E$ , ou  $F_E$ , e seu valor deve ser acrescentado à equação do  $U_E$ .

### 3.1.4 Área útil construída

A evolução do consumo de energia também deve ir acompanhada, para o mesmo período de tempo considerado na Tabela 1, com a evolução da área útil construída. Os dados devem ser agrupados de forma similar à mostrada na Tabela 4.

**Tabela 4. Evolução da área útil construída**

Ano	Consumo médio anual	Local	Área anual construída	Área total construída
1	kWh	A	A	A
2			B	A + B
⋮			⋮	⋮
n	nkwh	Na	N	A + ... + N

Em caso de não ser possível fazer o levantamento de áreas úteis construídas podem ser levantadas as áreas totais construídas.

### **3.1.5 Questionários**

Preencher um questionário, por edifício, que tenha informação referente aos ocupantes das instalações, à quantidade de equipamentos em cada edifício, às políticas operativas e de manutenção das instalações elétricas, e aos hábitos de consumo dos estudantes e professores, entre outros. Este questionário é apresentado no Anexo 1.

Estes questionários, quando preenchidos, devem ser analisados para identificar os erros na operação e manutenção dos equipamentos, e para definir os hábitos de consumo da população.

### **3.1.6 Estado dos equipamentos**

Diagnosticar o estado dos diferentes equipamentos com o fim de identificar aqueles que estejam trabalhando em más condições ou que precisem ser denominados de obsoletos.

## **3.2 CONSUMOS DE ENERGIA DESAGREGADOS POR USOS FINAIS**

### **3.2.1 Usos finais**

O primeiro passo é identificar os usos finais que contribuem significativamente no consumo de energia. Estes usos finais podem ser definidos levando em conta os equipamentos utilizados para diferentes fins.

### **3.2.2 Registro de consumos totais de energia**

É preciso definir os pontos representativos para medição de variáveis elétricas buscando registros que sejam comparáveis com as contas de energia, ou seja, procurando medir o consumo total de energia dos diferentes locais. Esta atividade será feita durante 8 dias consecutivos, na mesma data, mês a mês, no período compreendido entre julho e novembro.

Os valores medidos devem coincidir com os valores para o consumo de energia, demandas de potência registrada, contratada e faturada, e fator de potência que aparecem diretamente nas contas de energia.

### 3.2.3 Consumos de energia e demandas de potência por usos finais

Nos circuitos em que seja possível, e visando um levantamento independente para cada uso final, deve ser medida a potência ativa e reativa demandada em baixa tensão, as perdas de potência, o regime de utilização, os rendimentos e o consumo de energia mensal.

Deve-se medir também a corrente, tensão e a sua forma de onda, fator de potência, distorção harmônica, frequência da rede, e energia dos diferentes usos finais; verificar também o tipo de sistema (número de fases, número de fios). O período considerado para as medições deverá ser o mesmo período para medir a potência total demandada por edifício.

Os consumos de energia para cada uso final, obtidos com os dados por medição ou levantamento de campo, serão armazenados mês a mês, desde julho até novembro, e calculados nas tabelas a seguir.

**Tabela 5. Consumo de energia da iluminação artificial**

Local	Potências [W]					Regimes [h/dia]			Consumo diário [kWh/dia]			Consumo mensal [kWh/mês]			
	NL	P	Tipo	Perdas	Total	DU	Sáb	Dom	DU	Sáb	Dom	DU	Sáb	Dom	Total
1															
2															
3															
⋮															
n															
TOTAL															CI

NL: Número de lâmpadas

P: Potência nominal da lâmpada, [W]

Tipo: Tipologia da lâmpada. I: Incandescente, IH: Incandescente halógena, F: Fluorescente, FC: Fluorescente compacta, M: Mista, VM: Vapor de mercúrio, VSM: Vapor de sódio a baixa pressão, VSA: Vapor de sódio a alta pressão.

Perdas: Perda de potência nos reatores. Estes valores são consultados na tabela apresentada por ROMERO (1994)<sup>35</sup> na página 2.33 ou na tabela apresentada por LAMBERT (1997)<sup>36</sup> na página 83.

<sup>35</sup> ROMERO, M. A., *Método de avaliação do potencial de conservação de energia em campi universitários*: O caso da cidade universitária Armando Salles de Oliveira. São Paulo, FAUUSP, 1994. Tese de doutorado - USP.

<sup>36</sup> LAMBERT, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW editores, 1997.



NE: Número de equipamentos.

P: Potência nominal em regime de trabalho, [W]

Tipo: Tipologia de equipamento

Total (Potência): Potência total de entrada por aparelho,  $Total = NE * P$ .

DU: Dias úteis      Sáb: Sábado      Dom: Domingo.

Consumo diário:  $CD = Potência\ total * Régime$

Consumo mensal: Dias úteis:  $CM = CD * 22$ , Sábados ou domingos:  $CM = CD * 4$

Total (Consumo mensal): É o consumo de energia por local dos equipamentos de computação, e corresponde à soma do consumo de energia mensal dos dias úteis, mais sábados e domingos.

CEC: Consumo de energia para o uso final computação, é calculado como o soma dos consumos de energia por local.

Para os demais usos finais identificados existirá uma tabela similar à Tabela 7.

### 3.3 ANÁLISES DOS CONSUMOS DE ENERGIA DESAGREGADOS

#### 3.3.1 Curva de carga total

Deve-se traçar a curva da carga total do prédio com o fim de caracterizar a demanda de potência e fazer uma estimativa da potência futura. Este procedimento deve-se repetir para o consumo de energia.

#### 3.3.2 Comparação entre usos finais

As tabelas a seguir indicam a forma de relacionar os consumos de energia desagregados calculados no item 3.2.3, para identificar os locais com maior consumo de energia e maior demanda de potência.

**Tabela 8. Classificação dos consumos de energia desagregados por tipo de ambiente**

Local	Consumo mensal [kWh/mês]					Área [m <sup>2</sup> ]	Consumo [kWh/(mês*m <sup>2</sup> )]
	Ilumin	Ar condic	Equip. comp	Outros	Total		
1							
2							
3							
⋮							
n							

**Tabela 9. Classificação dos consumos totais de energia por tipo de ambiente**

Classificação por consumo [kWh/mês]			Classificação pela relação consumo/área [kWh/(mês*m <sup>2</sup> )]		
Classif	Local	Consumo	Classif	Local	consumo
1			1		
2			2		
3			3		
⋮			⋮		
n			n		
		<b>Consumo total</b>			<b>Consumo médio</b>

**Tabela 10. Classificação das demandas totais de potência por tipo de ambiente**

Classificação por potência instalada [W]			Classificação pela relação potência/área [W/m <sup>2</sup> ]		
Classif	Local	potência	Classif	Local	potência
1			1		
2			2		
3			3		
⋮			⋮		
n			n		
		<b>Potência total</b>			<b>Potência médio</b>

**Tabela 11. Consumos totais de energia por usos finais**

Uso final	Consumo [kWh]	[%]
Iluminação		
Ar condicionado		
Equipamentos de computação		
⋮		
<b>TOTAIS</b>		<b>100%</b>

**Tabela 12. Dados energéticos mensais estimados e medidos**

Edifício	Consumo [kWh]			Demanda [kW]		
	Estimado	Medido	[%]	Estimado	Medido	[%]
1						
2						
3						
⋮						
n						
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>			<b>100%</b>

### 3.3.3 Comparação com os valores da concessionária

Os valores do consumo de energia fornecidos pela concessionária nas contas de energia, devem ser condizentes com os valores calculados a partir dos dados levantados no campo e com os registros de potência total efetuados no prédio.

### 3.3.4 Índices comparativos

Para finalizar a análise energética devem-se calcular alguns índices comparativos tais como a potência total instalada por unidade de área [ $W/m^2$ ] por cada edifício, a potência instalada [W] por uso final por edifício, potência demandada total [kW] por uso final por edifício, o consumo mensal de energia por área [ $kWh/(mês \cdot m^2)$ ] por uso final por edifício, e o consumo anual de energia por área [ $kWh/(ano \cdot m^2)$ ] por uso final por edifício.

## 3.4 ANÁLISE DO ESFRIAMENTO DE ESPAÇOS

Dado que o esfriamento de espaços contribui consideravelmente no consumo de energia, é importante calcular qual seria o dimensionamento adequado dos equipamentos de ar condicionado e comparar estes cálculos com as características dos equipamentos existentes. O procedimento para o cálculo é apresentado a seguir.

### 3.4.1 Fluxo térmico

Calcular o fluxo térmico dos fechamentos transparentes e opacos, para a pior condição do verão, usando as expressões a seguir.

$$\text{Inverno: } q = U \cdot \Delta t$$

$$\text{Verão: } q = U \cdot (\alpha R_{se} + \Delta t)$$

Onde:

$q$ : Fluxo total de calor [ $W/m^2$ ]

$U$ : Transmitância térmica [ $W/m^2K$ ],  $U = \frac{1}{R_{se} + R_{si}}$ . ( $R_{si}$  é 0,13 se o fluxo de calor é horizontal, 0,1 se o fluxo é ascendente e 0,17 se o fluxo é descendente).

$\Delta t = (t_e - t_i)$ : Diferença de temperaturas exterior e interior [ $^{\circ}\text{C}$  ou  $^{\circ}\text{K}$ ]

$\alpha$ : Absortividade da superfície externa do fechamento. (0,7-0,9: cores escuras, 0,5-0,7: cores médias, 0,2-0,5: cores claras).

$I$ : Radiação solar [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]. Esta radiação é uma função da orientação do fechamento, da latitude do local, do dia do ano e da hora do dia, e pode ser obtida em tabelas ou programas de computação. Para o dia 22 de dezembro se têm como valores máximos  $161 \text{ W}/\text{m}^2$  para o norte às 11 h,  $392 \text{ W}/\text{m}^2$  para o leste as 10 h,  $155 \text{ W}/\text{m}^2$  para o oeste as 11 h, e  $478 \text{ W}/\text{m}^2$  para o sul as 16 h.

$R_{se}$ : Resistência superficial externa [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ], (tipicamente  $0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ )

### 3.4.2 Ganho solar

Calcular o ganho solar dos fechamentos transparentes como  $q_s = F_s * I$ , onde:

$q_s$ : Ganho solar [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$F_s$ : Fator solar. Este valor é obtido em tabelas, para vidro transparente simples de 3 mm seu valor é 0,87, para aberturas tipo *light shelf* (ver Figura 16 do capítulo 4) seu valor é 0,58.

$I$ : Radiação solar [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

### 3.4.3 Carga térmica

A carga térmica para os fechamentos opaco e transparente é calculada a partir dos dados obtidos nos numerais 3.4.1 e 3.4.2, sabendo que  $Q = q * A$ , onde:

$Q$ : Carga térmica do fechamento, [W]

$q$ : Fluxo térmico o ganho solar dos fechamentos, [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$A$ : Área do fechamento, [ $\text{m}^2$ ]

A carga térmica ou ganho de calor devido aos ocupantes depende da sua atividade física, e seus valores podem ser obtidos na ISO 7730.

Para as atividades mais comuns, o valor de carga térmica devido aos ocupantes é:

- Dormir: 80 W
- Ler: 90 W
- Escrever a máquina ou computador: 130 W
- Caminhar: 300 W
- Caminhar carregando 50 kg: 470 W
- Trotar ou correr: 800 W

O ganho de calor devido à iluminação artificial inclui a potência das lâmpadas e dos reatores.

O ganho de calor devido aos equipamentos do local também deve ser considerado. No caso dos computadores, a parcela de calor cedida ao ambiente é 400 W.

O ganho de calor sensível por infiltração de ar é  $Q_{SE} = \rho \cdot c \cdot V \cdot \Delta t$ , onde:

$Q_{SE}$ : Ganho de calor sensível [W]

$\rho$ : Densidade do ar, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c$ : Calor específico do ar, 1000 J/(kg °K)

$V$ : Volume de ar trocado no ambiente a cada segundo, [m<sup>3</sup>/s]. Pode-se assumir 10% de infiltração a cada hora, logo  $V = 0,1 \cdot vol / 3600$ , onde  $vol$  é o volume da sala.

$\Delta t$ : Diferença de temperatura entre o interior e o exterior [°C]

O ganho de calor latente por infiltração de ar é  $Q_{LA} = \Delta E \cdot V \cdot \rho$ , onde:

$Q_{LA}$ : Ganho de calor latente [W]

$\Delta E$ : Diferença entálpica, [kJ/kg]. Seu valor é achado na carta psicrométrica, para 33°C e 87,5% de umidade relativa a entalpia é 105 kJ/kg, e para 23°C e 65% de umidade relativa a entalpia é 53 kJ/kg,

A carga térmica total é a soma das cargas térmicas anteriores, e corresponde à quantidade total de calor que deverá ser extraída do ar do ambiente para manter o conforto térmico.

### 3.5 DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAR ENERGIA, ECO's

Enquadrar os potenciais de conservação de energia em dois grupos: o grupo tarifário e o grupo de usos finais.

#### 3.5.1 ECO's para o grupo tarifário

**ECO 1:** O potencial de conservação de demanda contratada pode ser calculado como:  $P_r = D_f - D_r$ , onde:

$P_r$ : Potencial de redução de demanda de potência, [kW/mês]

$D_f$ : Demanda de potência faturada mensal em tarifa convencional ou horosazonal, [kW/mês]

$D_r$ : Demanda de potência registrada mensal, [kW/mês]

**ECO 2.** Para calcular o potencial de redução de demanda de potência com a melhoria do fator de carga na tarifa convencional, deve-se identificar o maior fator de carga em todos os meses, e depois calcular uma nova demanda de potência com a expressão a seguir.

Onde:

$D_n$ : Nova demanda de potência registrada, [kW/mês]

$$D_n = \frac{C_r}{F_{C_m} * 730}$$

$C_r$ : Consumo de energia registrado em cada mês, [kWh/mês]. Dados tomados da Tabela 1.

$F_{C_m}$ : Maior fator de carga mensal. Estes valores são indicados na Tabela 13.

**Tabela 13. Potencial de redução de demanda de potência melhorando o fator de carga na tarifa convencional**

Mês	$D_r$ [kW]	$D_n$ [kW]	$P_r$ [kW]
M			
A			
M			
J			
J			
⋮			
D			
Potencial de redução de demanda médio [kW]			$= \sum P_r / 10$

$D_r$  : Demanda de potência registrada extraída da tabela de demandas de potência parciais e totais.

$D_n$  : Nova demanda de potência registrada.

$P_r$  : Potencial de redução de demanda de potência.  $P_r = D_r - D_n$

Nota: Os meses de janeiro e fevereiro não devem ser considerados já que são meses de férias.

**ECO 3.** O potencial de economia mensal na tarifa de ultrapassagem no segmento convencional é definido por:  $Pt_u = A*(T_u - T_d)$ , onde:

$Pt_u$  : Potencial de economia na tarifa de ultrapassagem, [R\$]

$A$  : Acréscimo efetuado na demanda de potência contratada, [kW]

$T_u$  : Tarifa de ultrapassagem, [R\$/kW]

$T_d$  : Tarifa de demanda de potência, [R\$/kW]

**ECO 4.** Para calcular o potencial de redução de demanda de potência com a melhoria do fator de carga na tarifa horo-sazonal é utilizado o mesmo fator de carga usado na ECO 2. Neste caso a nova demanda de potência para a tarifa azul é calculada como:

$$\text{Ponta: } D_n = \frac{C_r}{Fc_m * 66} \quad \text{Fora de ponta: } D_n = \frac{C_r}{Fc_m * 664}$$

Os dados de consumo de energia registrados em cada mês devem ser procurados na Tabela 1, depois de preenchida.

Os valores da nova demanda de potência são indicados na Tabela 14.

**Tabela 14. Potencial de redução de demanda de potência melhorando o fator de carga na tarifa horo-sazonal**

Mês	$D_r$ [kW]		$D_n$ [kW]		$P_r$ [kW]	
	ps/u	fs/u	ps/u	fs/u	ps/u	fs/u
M						
A						
M						
J						
J						
⋮						
D						
Potencial de redução de demanda médio [kW]						

Na tarifa verde, para o cálculo da  $D_n$  pode ser utilizada a expressão da ECO 2 e os dados são apresentados em uma tabela idêntica à Tabela 13.

**ECO 5.** O potencial de economia mensal na tarifa de ultrapassagem no segmento horo-sazonal é definido por:  $P_{t_u} = A * (T_u - T_d)$ , onde:

$P_{t_u}$  : Potencial de economia na tarifa de ultrapassagem, [kW]

$A$  : Acréscimo efetuado na demanda de potência contratada, [kW]

$T_u$  : Tarifa de ultrapassagem nos horários de ponta e fora de ponta

$T_d$  : Tarifa de demanda de potência nos horários de ponta e fora de ponta

**ECO 6.** Esta ECO consiste em ajustar o fator de potência. O potencial de economia anual pode ser obtido pela soma aritmética do valor excedente pago devido ao baixo fator de potência nos meses que em ocorreram fatores de potência inferiores a 0,92. Este excedente pago pode ser traduzido em termos de demanda de potência.

### 3.5.2 ECO's para o grupo de usos finais

**ECO 1.** Avaliar as reduções no consumo e no custo da energia no caso de trocar algumas lâmpadas e reatores por equipamentos com maior eficiência.

A principal ajuda para definir as ECO's em iluminação é a utilização de um programa de computador que calcule, mediante uma metodologia adequada, as possíveis lâmpadas a serem desligadas em determinados períodos do dia.

No caso de não se ter a disposição um programa de computação, esta estratégia se reduz a recomendar as medidas para evitar um consumo de energia maior que o necessário, como por exemplo, recomendar a limpeza periódica das lâmpadas.

**ECO 2.** As ECO's para o condicionamento de espaços, os equipamentos de computação e outros equipamentos se reduzem à boa utilização destes equipamentos e outras recomendações que serão apresentadas ao final do trabalho levando em conta as recomendações dos fabricantes de cada equipamento.

### 3.5.3 Outras ECO's

Apresentar recomendações com base na análise dos questionários, e relacionadas com a identificação dos processos que podem ser otimizados mediante a substituição de equipamentos ou mudança nos hábitos de consumo de energia; assim como o uso de tecnologias mais eficientes levando em conta seu custo. Também serão apresentadas conclusões derivadas da análise dos consumos de energia desagregados.

Verificar a legislação tarifária, ou seja, se o CTC (e a Universidade) estão inseridos corretamente no nível tarifário adequado.

Recomendar a implementação de campanhas promocionais para conscientizar os estudantes, professores e trabalhadores da universidade a fazer um uso adequado da eletricidade, assim como da água.

## 3.6 ANÁLISES ECONÔMICAS

A viabilidade de cada ECO é avaliada tecnicamente e desde o ponto de vista de rentabilidade do investimento. Os índices para avaliar a rentabilidade apresentam-se a seguir.

### 3.6.1 Potencial de energia economizada anualmente, PEE [kW]

A potencial de energia economizada anualmente é o potencial de energia economizada com a implantação de uma ECO.

$$PEE = EC - EE$$

Onde:

*EC* : Consumo de energia anual com a alternativa convencional, [kWh/ano]

*EE* : Consumo de energia anual com a alternativa eficiente, [kWh/ano]

### 3.6.2 Custo anual do ciclo de vida, ALCC [U\$]

O custo anual do ciclo de vida é a soma do valor anual do investimento inicial e do custo anual da energia.

$$ALCC = C * CRF + PE * E \quad CRF = \frac{d * (1 + d)^n}{(1 + d)^n - 1}$$

Onde:

$C$  : Custo inicial ou investimento da alternativa, [U\$]

$CRF$  : Fator de recuperação do capital

$PE$  : Preço da energia, [U\$/kWh]

$E$  : Energia anual consumida pela alternativa, [kWh/ano]

$d$  : Taxa de desconto

$n$  : Vida útil do dispositivo (equipamento), [anos]

### 3.6.3 Custo da energia economizada, CSE

O custo da energia economizada é o custo efetivo do investimento.

$$CSE = \frac{ALCC_{NE-E} - ALCC_{NE-C}}{PEE}; \quad ALCC_E = C_E * CRF_E, \quad ALCC_C = C_C * CRF_C$$

Onde:

$ALCC_E$  : Custo anual do ciclo de vida da alternativa eficiente, [U\$]

$ALCC_C$  : Custo anual do ciclo de vida da alternativa convencional, [U\$]

$PEE$  : Potencial de energia economizada anualmente, [kWh/ano]

$C_i$  : Custo inicial ou investimento da alternativa  $i$ , [U\$]

$CRF_i$ : Fator de recuperação do capital da alternativa  $i$

### 3.6.4 Benefício anual líquido do consumidor, BAL<sub>c</sub>

O benefício anual líquido do consumidor avalia a viabilidade, para o consumidor final, de utilizar determinada tecnologia.

$$BAL_c = C_e - (PE * EE) - (C_E * CRF) = ALCC_C - ALCC_E$$

Onde:

$C_e$  : Custos evitados com a alternativa convencional, [U\$]

$PE$  : Preço da energia, [U\$/kWh]

$EE$  : Consumo de energia anual com a alternativa eficiente, [kWh/ano]

$C_E$  : Custo inicial ou investimento da alternativa eficiente, [U\$]

$CRF$  : Fator de recuperação do capital da alternativa

### 3.6.5 Período de retorno simples, SPP

O período de retorno simples é a relação entre o investimento adicional inicial e a economia energética obtida no primeiro ano, ou seja, é o tempo que demora para recuperar o investimento em termos da energia economizada.

$$SPP = \frac{CE - CC}{PE * PEE}$$

Onde:

*CC* : Custo do investimento inicial da alternativa convencional, [US\$]

*CE* : Custo do investimento inicial da alternativa eficiente, [US\$]

*PE* : Preço da energia, [US\$/kWh]

*PEE* : Potencial de energia economizada anualmente, [kWh/ano]

Na Análise de custos para os diferentes equipamentos e seus acessórios será avaliado o custo inicial, custo de transporte e instalação, custo da manutenção, custo da operação, tempo de uso diário, potência específica, vida útil, e horizonte de estudo.

## 3.7 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA

Recomenda-se fazer um cronograma com o fim de planejar a ordem e tempo de execução das diferentes atividades a serem executadas. O tempo que demora cada atividade depende da área do local a ser avaliado, do número de pessoas a realizar o estudo, da quantidade e diversidade de equipamentos que são utilizados no local, da disponibilidade dos ocupantes do local frente ao trabalho, e do seu domínio e conhecimento do tema. Um exemplo de um cronograma de atividades é apresentado no Anexo 5.

## 4. SITUAÇÃO ATUAL DO DEPARTAMENTO DE ENG. QUÍMICA

Este capítulo apresenta a situação atual, do ponto de vista energético, do Departamento de Engenharia Química, incluindo análises dos hábitos de consumo da população e identificando os laboratórios e blocos com maior consumo de energia para cada uso final. Também são comentadas as qualidades e defeitos da estrutura arquitetônica dos blocos no que diz respeito ao consumo de energia.

### 4.1 DESCRIÇÃO DO DEPARTAMENTO

O Departamento de Engenharia Química é composto por 5 blocos. Os blocos A, B, C e D possuem apenas um nível e estão destinados basicamente à localização dos laboratórios. O bloco E tem três níveis e contém todas as salas dos professores e os escritórios administrativos do departamento.

No total, o departamento conta com 17 laboratórios, 27 salas de professores, três escritórios administrativos, três salas de estudo, um auditório e duas salas de aula, distribuídos como se mostra na Tabela 15.

**Tabela 15. Distribuição dos locais por bloco**

BLOCO área, [m <sup>2</sup> ]	LOCAL	SIGLA	ÁREA [m <sup>2</sup> ]
A 292	Laboratório de Fenômenos de Transporte e Laboratório de Operações Unitárias	LAFETE e LABOPE	62
	Laboratório de Materiais e Corrosão	LABMAT	129
	Laboratório de Desenvolvimento de Processos Tecnológicos	LDPT	63
	Oficina	-	20
B 300	Laboratório para Engenharia Química	LABEQ	40
	Laboratório de Transferencia de Massa	LABMASSA	28
	Empresa júnior de consultoria dos estudantes	CONAQ Jr	12
	Almoxarifado	-	42
	Sala dos técnicos	-	14
	Salas de estudo I, II e III	-	10, 11, 20

**Tabela 15. Distribuição dos locais por bloco (continuação)**

BLOCO área, [m <sup>2</sup> ]	LOCAL	SIGLA	ÁREA [m <sup>2</sup> ]
C 375	Laboratório de Processamento de Alimentos	PROALI	102
	Laboratório de Processos de Separação com Membranas	LABSEM	46
	Laboratório de Engenharia Bioquímica	ENGEBIO	77
	Laboratório de Sistemas Porosos	LASIPO	52
	Sala de Reologia <sup>37</sup>	-	25
D 297	Laboratório de Cinética, Catálise e Reatores Químicos I	LABORE I	54
	Laboratório de Cinética, Catálise e Reatores Químicos II	LABORE II	62
	Laboratório de Controle de Processos	LCP	75
	Laboratório de Extração Super Crítica e Termodinâmica	GESC	71
E-Térreo 357	Coordenadoria de estágios	-	30
	Coordenadoria de pós-graduação	-	30
	Secretaria do EQA	-	66
	Auditório	-	69
	Duas salas de aula	-	23, cada
E-1ro. andar 357	Laboratório de Informática	INFO	64
	Laboratório de Simulação Numérica de Sistemas Químicos	LABSIN	25
	Laboratório de Simulação de Processos	SIMPRO	23
	Nove salas de professores	-	13, em média
E-2do. andar 357	18 salas de professores	-	13, em média

## 4.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA E DA DEMANDA DE POTÊNCIA TOTAIS

### 4.2.1 Análise segundo as contas de energia

Para analisar o comportamento do consumo de energia do Departamento de Engenharia Química foram utilizadas as contas de energia desde o ano 1995 até o ano 1998, o que corresponde a um período de tempo suficiente para definir a filosofia de consumo deste departamento. Os dados dos consumos de energia são mostrados na Tabela 16.

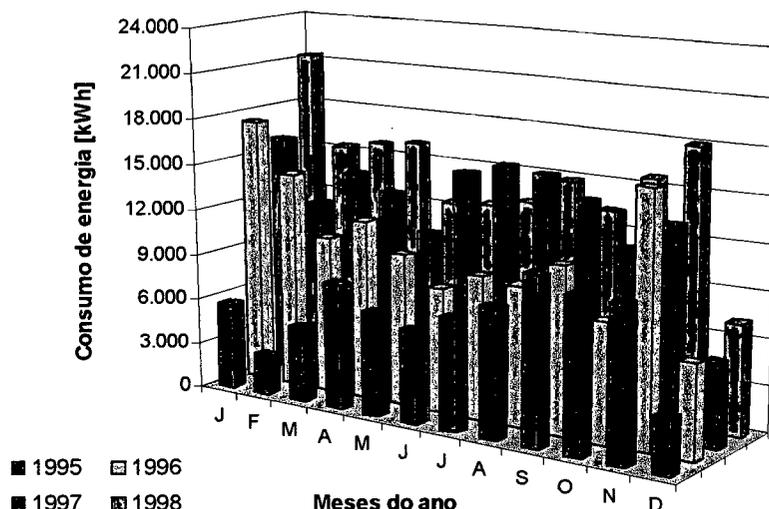
<sup>37</sup> Reologia: Parte da física que investiga as propriedades e o comportamento mecânico dos corpos deformáveis que não são nem sólidos nem líquidos.

**Tabela 16. Consumo de energia, [kWh], segundo as contas da Celesc**

Ano	Mês	Grupo	Consumo mensal	Data de leitura atual	Data de leitura anterior	Dias faturados	Consumo médio grupo	Consumo total anual	Consumo médio anual
95	J	G-1	5.658	26/1/95	9/12/94	48	4.387,00	84.132,00	7.011,00
	F		2.583	23/2/95	26/1/95	28			
	M		4.920	29/3/95	23/2/95	34			
	A	G-2	8.241	27/4/95	29/3/95	29	7.011,00		
	M		6.765	26/5/95	27/4/95	29			
	J		6.027	26/6/95	26/5/95	31			
	J	G-3	7.257	25/7/95	26/6/95	29	8.815,00		
	A		8.364	25/8/95	25/7/95	31			
	S		10.824	26/9/95	25/8/95	32			
	O	G-4	9.963	27/10/95	26/9/95	31	7.831,00		
	N		9.963	27/11/95	27/10/95	31			
	D		3.567	27/12/95	27/11/95	30			
96	J	G-1	17.466	24/1/96	27/12/95	28	14.022,00	131.487,00	10.957,25
	F		14.268	26/2/96	24/1/96	33			
	M		10.332	25/3/96	26/2/96	28			
	A	G-2	11.808	25/4/96	25/3/96	31	9.963,00		
	M		9.963	27/5/96	25/4/96	32			
	J		8.118	26/6/96	27/5/96	30			
	J	G-3	9.348	26/7/96	26/6/96	30	9.758,00		
	A		9.102	26/8/96	26/7/96	31			
	S		10.824	24/9/96	26/8/96	29			
	O	G-4	7.749	24/10/96	24/9/96	30	10.086,00		
	N		16.359	26/11/96	24/10/96	33			
	D		6.150	26/12/96	26/11/96	30			
97	J	G-1	15.990	24/1/97	26/12/96	29	13.981,00	157.440,00	13.120,00
	F		11.808	26/2/97	24/1/97	33			
	M		14.145	26/3/97	26/2/97	28			
	A	G-2	13.161	25/4/97	26/3/97	30	13.038,00		
	M		10.824	26/5/97	25/4/97	31			
	J		15.129	25/6/97	26/5/97	30			
	J	G-3	15.867	24/7/97	25/6/97	29	15.252,00		
	A		15.621	25/8/97	24/7/97	32			
	S		14.268	24/9/97	25/8/97	30			
	O	G-4	11.685	24/10/97	24/9/97	30	10.209,00		
	N		13.530	24/11/97	24/10/97	31			
	D		5.412	23/12/97	24/11/97	29			
98	J	G-1	21.279	26/1/98	23/12/97	34	17.425,00	174.840,81	14.570,07
	F		15.252	25/2/98	26/1/98	30			
	M		15.744	26/3/98	25/2/98	29			
	A	G-2	15.990	27/4/98	26/3/98	32	13.612,00		
	M		12.300	26/5/98	27/4/98	29			
	J		12.546	25/6/98	26/5/98	30			
	J	G-3	13.038	24/7/98	25/6/98	29	13.653,00		
	A		14.760	25/8/98	24/7/98	32			
	S		13.161	24/9/98	25/8/98	30			
	O	G-4	15.621	26/10/98	24/9/98	32	13.590,27		
	N		17.964	26/11/98	26/10/98	31			
	D		7.186	24/12/98	26/11/98	28			

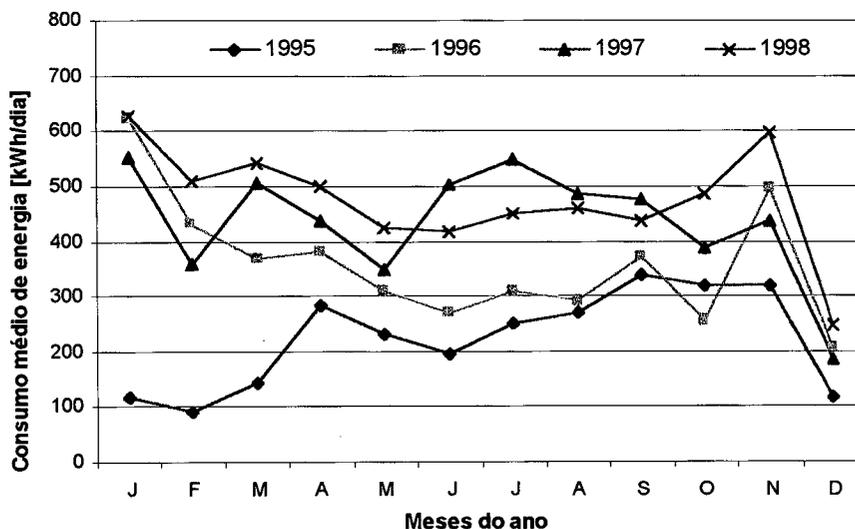
Tal qual era esperado, o consumo de energia mensal aumentou ano após ano, mas esta afirmação é mais contundente se forem observados os dados do consumo total anual, o qual aumentou 56% de 1995 para 1996, 20% de 1996 para 1997 e 11% de 1997 para 1998 (com os dados de consumo de energia estimados para os meses de novembro e dezembro).

A Figura 1 mostra graficamente o consumo mensal para os quatro anos.



**Figura 1. Consumo mensal de energia [kWh]**

Para determinar os meses que tem maior consumo de energia durante o ano, a Figura 1 não é totalmente adequada devido a que o número de dias faturados não é constante todos os meses; por esta razão a Figura 2 mostra a relação entre o consumo mensal de energia e os dias faturados.



**Figura 2. Relação entre o consumo mensal e os dias faturados**

A Figura 2 mostra que o consumo diário não é constante em todos os meses do ano. Por exemplo, no mês de março e abril do ano 1995 foram obtidos novos equipamentos, os quais foram usados regularmente durante o restante do ano. No ano de 1996 o consumo de energia foi bastante alto nos meses de janeiro e novembro. No ano de 1997 teve-se menor consumo de energia durante os meses de fevereiro, maio, outubro e dezembro.

Normalmente as aulas começam em março e terminam em meados de julho e o segundo semestre começa em agosto e termina em meados de dezembro. As férias correspondem aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Porém, as curvas de consumo de energia não são condizentes com as atividades. Janeiro, por exemplo, deveria ser um mês com consumo de energia muito baixo mas, de acordo com a Figura 2, é um dos meses do ano com maior consumo desde 1996.

É claro que os meses de verão, ou seja, janeiro, fevereiro e março deveriam ter maior consumo de energia no caso em que existissem aulas normais, porém o primeiro semestre de aulas começa apenas em março. É importante salientar que para as pessoas que permanecem trabalhando no verão, o horário de trabalho muda, começando à uma da tarde e terminando às sete da noite.

Comparando as quatro curvas, é evidente que o comportamento do consumo de energia no departamento de engenharia química não se enquadra dentro de nenhum marco, o que significa que não é possível prever com certeza o consumo de energia de um determinado mês do ano. Por exemplo, no mês de julho (ou agosto) pode-se ver que seu consumo de energia nos diferentes anos algumas vezes é maior que a média anual e outras vezes é menor, como o mostra a Tabela 16.

Outra razão pela qual é difícil prever o consumo mensal de energia do Departamento de Engenharia Química, é que a porcentagem de variação do consumo de energia de um mês em relação ao consumo de energia do mês anterior não é constante nos diferentes anos.

É importante salientar que embora o número de dias faturados não seja constante durante todos os meses, a curva do consumo de energia não variou e seu comportamento permaneceu igual, ou seja, a desigualdade do número de dias faturados não é significativa para afetar o comportamento da curva de carga.

O aumento do consumo de energia ano após ano poderia explicar-se pelo aumento de equipamentos nos diferentes laboratórios, o aumento da estrutura arquitetônica do departamento e o aumento da população no departamento, sejam professores, estudantes e/ou funcionários.

Mas, na realidade, nestes últimos quatro anos o departamento não teve aumento na construção arquitetônica e, em relação à aquisição de equipamentos não é possível fazer uma comparação, já que o departamento não tem registro da compra (inventário) de equipamentos, dado que eles são obtidos por diferentes vias e não só pelo orçamento da universidade.

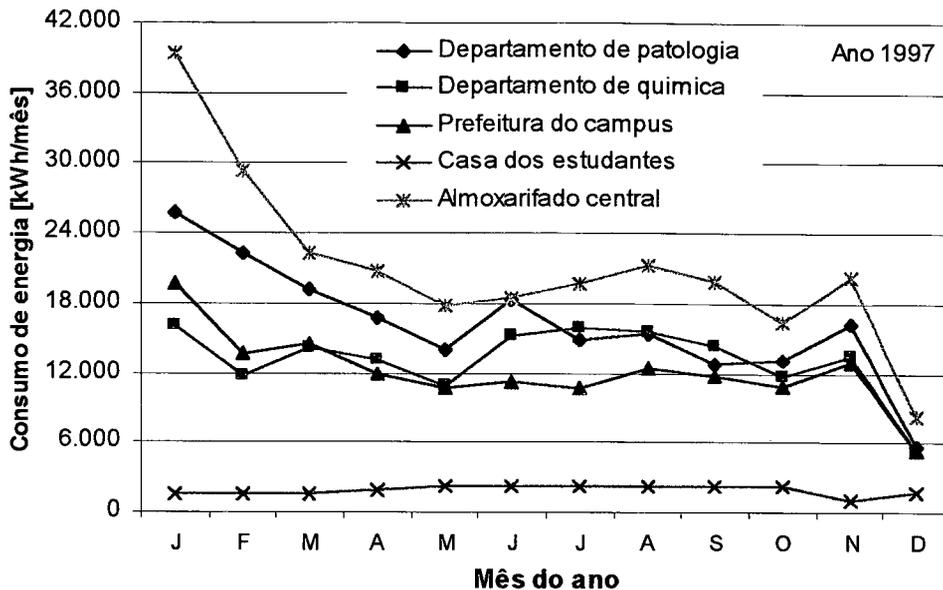
A Tabela 17 apresenta o aumento da população no histórico.

**Tabela 17. Evolução do consumo de energia e da população**

Ano	Consumo médio anual	População				
		Graduação	Pós-grad	Profes	Funcionár	total
1995	7.011	403	10	20	12	445
1996	10.957	428	12	23	12	475
1997	13.120	428	10	27	12	477
1998	14.570	360	25	29	12	426

Segundo a Tabela 17, o aumento no consumo de energia neste departamento não está fortemente influenciado pelo aumento da população. Por exemplo, o consumo médio anual de energia aumentou 56% de 1995 para 1996 enquanto a população aumentou 7%, 20% de 1996 para 1997 e a população só 0,5%, e de 1997 para 1998 aumentou 11% enquanto a população diminuiu 11%. Isto significa, que o comportamento da curva do consumo de energia no departamento é determinado basicamente pela aquisição de novos equipamentos, tal como aconteceu em 1995.

É interessante comparar o consumo de energia em diferentes setores da universidade. Pela disponibilidade de dados, foram selecionados quatro setores a mais para serem comparados entre si e estabelecer o nível do consumo de diferentes setores. A Figura 3 apresenta os consumos de energia destes setores no ano de 1997.

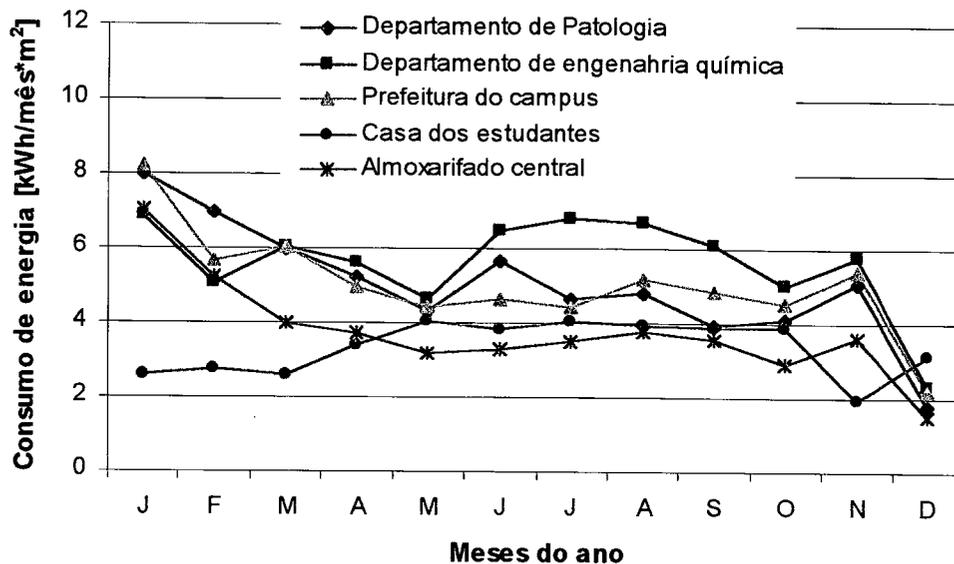


**Figura 3. Consumo mensal de energia em diferentes setores da USFC**

Nos quatro anos analisados, o consumo de energia entre os diferentes setores ocupou, do menor ao maior, a seguinte ordem:

1. A casa dos estudantes: caracteriza o setor residencial para uma média de 20 pessoas.
2. Departamento de química e a prefeitura do campus: encontram-se no segundo e terceiro lugar. O registro de energia no Departamento de Engenharia Química inclui os cinco blocos pertencentes ao departamento, tipificando o consumo das áreas de engenharia, enquanto na prefeitura do campus incluem-se cinco blocos administrativos.
3. Departamento de patologia: representa as áreas da saúde, e inclui uma parte do departamento de farmacologia.
4. Almojarifado central: é o setor correspondente ao depósito de matérias primas da universidade. Além do almojarifado central, inclui setores como a carpintaria, serralharia, estufaria, e biotério central, entre outros.

A diferença entre os níveis de consumo de energia se explica basicamente pela diferença da área que cobre cada setor, ou seja, uma comparação dos consumos de energia mais equitativa consiste em dividir o valor do consumo de energia entre a área de cada setor. A Figura 4 mostra a relação entre os consumos de energia e as áreas no ano de 1997.



**Figura 4. Consumo de energia por unidade de área**

A Figura 4 mostra que não existem diferenças apreciáveis no consumo de energia por unidade de área para os diferentes setores analisados da universidade. A casa dos estudantes tem um consumo de energia por unidade de área muito similar aos demais setores exceto nos meses de verão, nos quais as aulas ainda não começaram, enquanto os outros setores continuam trabalhando com menos rigor, mas sem parada total das atividades.

Em todos os setores apresenta-se uma baixa no consumo de energia no mês de dezembro, o que explica-se por ser um mês de férias. Embora janeiro e fevereiro sejam meses de férias também, existem pessoas que fazem serviço naquele período.

Em todos os meses, exceto no período de verão, o consumo de energia por unidade de área dos setores oscila entre 3 e 7 kWh/mês\*m<sup>2</sup>.

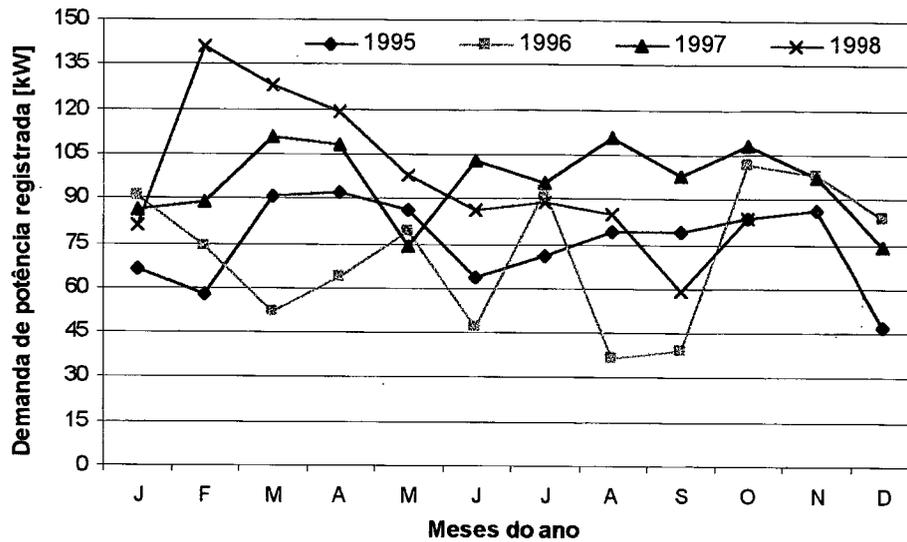
No tocante ao comportamento da demanda de potência, os dados são apresentados na Tabela 18. Estes valores também aparecem nas contas de energia mencionadas anteriormente.

**Tabela 18. Demanda de potência, [kW], segundo as contas da Celesc**

Ano	Mês	Grupo	Demanda medida	85% maior meses	Demanda faturada	Dias faturados	Demanda média grupo	Demanda total anual	Demanda média anual
95	J	G-1	66	63	66	48	73,33	960,00	80,00
	F		58	63	63	28			
	M		91	63	91	34			
	A	G-2	92	77	92	29	85,33		
	M		86	78	86	29			
	J		64	78	78	31			
	J	G-3	71	78	78	29	78,67		
	A		79	78	79	31			
	S		79	78	79	32			
	O	G-4	84	78	84	31	82,67		
	N		86	78	86	31			
	D		47	78	78	30			
96	J	G-1	91	78	91	28	82,33	1.018,00	84,83
	F		74	78	78	33			
	M		52	78	78	28			
	A	G-2	64	77	77	31	77,67		
	M		79	77	79	32			
	J		47	77	77	30			
	J	G-3	93	77	93	30	83,67		
	A		37	79	79	31			
	S		39	79	79	29			
	O	G-4	102	79	102	30	95,67		
	N		98	87	98	33			
	D		84	87	87	30			
97	J	G-1	86	87	87	29	95,67	1.195,00	99,58
	F		89	87	89	33			
	M		111	87	111	28			
	A	G-2	108	94	108	30	101,67		
	M		74	94	94	31			
	J		103	94	103	30			
	J	G-3	95	94	95	29	101,33		
	A		111	94	111	32			
	S		98	94	98	30			
	O	G-4	108	94	108	30	99,67		
	N		97	94	97	31			
	D		74	94	94	29			
98	J	G-1	81	94	94	34	121,00	1.203,00	120,30
	F		141	94	141	30			
	M		128	120	128	29			
	A	G-2	119	120	120	32	120,00		
	M		98	120	120	29			
	J		86	120	120	30			
	J	G-3	89	120	120	29	120,00		
	A		85	120	120	32			
	S		59	120	120	30			
	O	G-4	84	120	120	32	120,00		
	N		-	-	-	-			
	D		-	-	-	-			

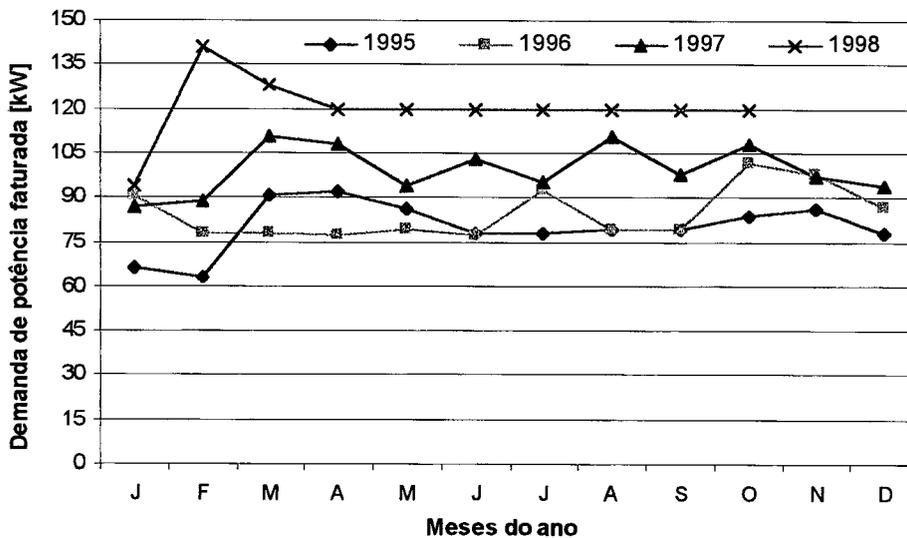
Sendo condizente com a evolução do consumo de energia, a demanda de potência mensal faturada também aumentou ano após ano, tal como era esperado. O aumento foi 6% entre 1995 e 1996, 17% entre 1996 e 1997 e entre 1997 e 1998 espera-se um aumento mínimo de 21%. Mas, a real demanda de potência no departamento diminuiu 5% entre 1995 e 1996, aumentou 34% entre 1996 e 1997 e espera-se uma redução de 2% para este ano.

A Figura 5 representa graficamente a demanda de potência registrada mensalmente para os quatro anos.



**Figura 5. Demanda de potência registrada mensalmente [kW]**

Na Figura 5, pode-se observar que a demanda efetiva de potência não tem um aumento constante durante o ano, nem tem um comportamento previsível nos diferentes meses, enquanto a demanda de potência faturada, mostrada na Figura 6, apresenta uma curva relativamente constante se comparada com a demanda de potência registrada.



**Figura 6. Demanda de potência faturada mensalmente [kW]**

A filosofia de faturamento da demanda de potência da Celesc, em certas ocasiões, prejudica o usuário, devido a que algumas vezes é feito o pagamento do valor realmente demandado e, outras vezes, mais do que a demanda registrada no mês.

Por exemplo, no ano de 1998 está sendo pago desde abril 85% do pico de demanda ocorrido no mês de fevereiro, ou seja, a demanda real de potência desde o mês de abril é menor que 85% da demanda do mês de fevereiro, o que implicou um pagamento adicional de R\$ 946 no período de abril a outubro (aproximadamente a metade de uma conta mensal).

No total, dos 48 meses considerados na análise, foi faturada a demanda registrada em 54% dos meses (26 meses) e nos 46% restantes (22 meses) foi faturada uma demanda superior à registrada.

#### 4.2.2 Análise segundo os registros feitos pelo analisador de redes

Foram feitos registros da demanda de potência durante os meses de julho, setembro, outubro, e novembro. Em agosto não foi possível efetuar a medida dado que o equipamento de registro não esteve disponível por razões de manutenção.

Os registros foram feitos durante uma semana em cada um dos meses, tomando-se dados a cada cinco minutos. A Figura 7 mostra a demanda de potência durante todos os meses registrados.

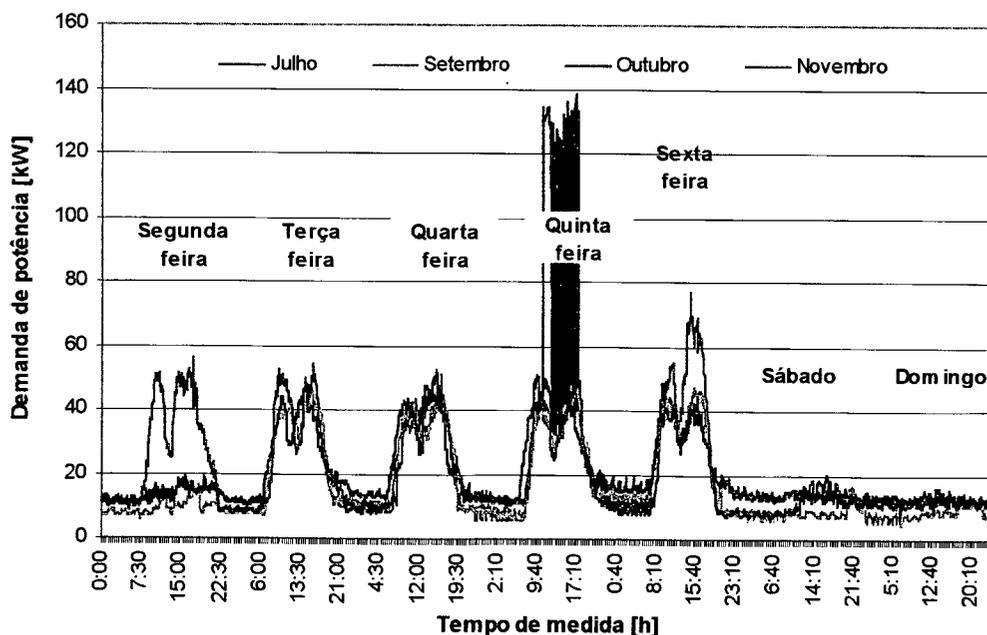


Figura 7. Demanda de potência diária [kW]

Pode-se observar que a demanda de potência tem o mesmo comportamento durante todos os dias da semana, exceto para aqueles dias em que é ligada a caldeira elétrica do departamento.

A potência da caldeira é 150 kW, mas ela não é usada na sua potência máxima devido a restrições de pressão. Normalmente a caldeira é ligada durante 7 h ou 8 h para ser usada entre 30% e 60% da sua potência nominal, ou seja, nesse período ela irá demandar entre 45 kW e 90 kW no máximo, dependendo das trocas de pressão que sejam efetuadas durante a prática.

Da Figura 7 é claro que a caldeira foi ligada uma quinta feira no mês de julho (dia 30), com uma potência de 85 kW no seu máximo trabalho e um consumo de energia aproximado de 471 kWh/(dia de uso). Se a caldeira for ligada duas vezes por semana, o consumo mensal de energia seria 3769 kWh/mês.

Com o fim de comparar os registros efetuados pelo analisador de redes com os valores que aparecem nas contas de energia, é apresentada a Tabela 19.

**Tabela 19. Consumo de energia segundo o analisador de redes**

Mês	Registro máximo				Consumo [kWh]	Celesc [kWh]
	[kW]	Data	Dia	hora		
Julho	138,58	30/07/98	Quinta	16:55	13342	13038
Setembro	49,41	03/09/98	Quinta	17:05	13950	13161
Outubro	50,38	08/10/98	Quinta	15:25	16338	15621
Novembro	77,35	06/11/98	Sexta	14:35	17020	17964

A coluna da Celesc em kWh apresenta o consumo de energia faturado no mês. Ao se comparar esta coluna com o consumo de energia [kWh] calculado a partir dos registros de demanda de potência [kW], efetuados pelo analisador de redes, nota-se que os valores são concordantes.

A diferença entre os valores dos consumos de energia da Celesc e os calculados a partir dos registros, não supera 6% e explica-se porque o analisador de redes só fez o registro durante uma semana e com esses dados foi estimado o consumo total de energia do mês. Mas, é importante verificar que os dados da Celesc estão em acordo com os dados registrados.

É interessante observar que sempre os maiores registros de demanda de potência foram obtidos durante a tarde, entre às 14 h e às 17 h. Este seria o intervalo de tempo para o pico de demanda do departamento.

#### 4.2.3 Fator de potência e fator de carga

A Tabela 20 mostra os valores do fator de potência apresentados nas contas de energia e o fator de carga, calculado a partir dos dados destas mesmas contas.

**Tabela 20. Fator de potência e fator de carga**

Ano	Mês	Grupo	Fator de potência	fp médio grupo	fp médio anual	Fator de carga	fc médio grupo
95	J	G-1	0,9134	0,91	0,93	0,07	0,07
	F		0,8813			0,07	
	M		0,9470			0,07	
	A	G-2	0,9721	0,95		0,13	0,12
	M		0,9672			0,11	
	J		0,9147			0,13	
	J	G-3	0,9034	0,93		0,15	0,16
	A		0,9368			0,14	
	S		0,9397			0,18	
	O	G-4	0,9376	0,94		0,16	0,14
	N		0,9409			0,16	
	D		0,9384			0,11	
J	0,9515		0,29				
96	F	G-1	0,9528	0,94	0,95	0,24	0,27
	M		0,9300			0,30	
	A		0,9397			0,25	
	M	G-2	0,9321	0,94		0,16	0,22
	J		0,9464			0,24	
	J		0,9547			0,14	
	A	G-3	0,9435	0,95		0,33	0,29
	S		0,9529			0,40	
	O		0,9470			0,11	
	N	G-4	0,9722	0,96		0,21	0,14
	D		0,9562			0,10	
	J		0,9462			0,27	
97	F	G-1	0,9486	0,95	0,96	0,17	0,21
	M		0,9588			0,19	
	A		0,9536			0,17	
	M	G-2	0,9471	0,96		0,20	0,19
	J		0,9730			0,20	
	J		0,9768			0,24	
	A	G-3	0,9636	0,97		0,18	0,21
	S		0,9614			0,20	
	O		0,9543			0,15	
	N	G-4	0,9552	0,96		0,19	0,15
	D		0,9608			0,11	
	J		0,9546			0,32	
98	F	G-1	0,9648	0,96	0,95	0,15	0,22
	M		0,9711			0,18	
	A		0,9555			0,17	
	M	G-2	0,9523	0,95		0,18	0,19
	J		0,9461			0,20	
	J		0,9474			0,21	
	A	G-3	0,9413	0,94		0,23	0,25
	S		0,9388			0,31	
	O		0,9363			0,31	

Pode-se observar que o fator de potência tem melhorado anualmente e que seu valor não é baixo. Tal como se indica mais à frente (numeral 4.9), somente encontra-se abaixo dos valores exigidos pela concessionária nos meses de janeiro, fevereiro, junho e julho do ano 1995, fato que originou um aumento nas contas e energia.

Embora o fator de carga médio anual tenha aumentado, seu valor é bastante baixo. Isto significa que a curva de carga do departamento é muito irregular e que a demanda de potência nos períodos de ponta é muito diferente da demanda nos períodos fora de ponta, como pode ser observado na Figura 7. Em outras palavras, a demanda média de potência difere muito da demanda máxima de potência, o que ocasiona um pagamento desnecessário nas contas de energia e poderia ser evitado com um gerenciamento da carga, especialmente quando é preciso usar a caldeira.

### 4.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

O modelo dos questionários preenchidos por local no departamento é apresentado no Anexo 1.

#### 4.3.1 Bloco A

**Ocupação:** Os locais deste bloco geralmente estão ocupados por uma, duas e até três pessoas durante o dia, exceto nas quatro horas de aula do LABOPE e LAFETE, durante a manhã às terças e quartas e durante a tarde às terças, quintas e sextas, tempo no qual o laboratório está ocupado por uma média de 13 pessoas.

**Lâmpadas<sup>38</sup>:** Existem 70 lâmpadas de 40 W e 24 lâmpadas de 65 W. Das primeiras, 50 são ligadas o dia todo e 20 são ligadas 16 h/semana, as segundas são ligadas em média 4 horas por dia. Cerca de 70% das lâmpadas encontram-se em estado regular.

---

<sup>38</sup> Daqui para frente, sempre que seja utilizada a palavra lâmpada, entenda-se lâmpada fluorescente a menos que seja especificado o contrário.

**Ar condicionados:** Somente o LDPT tem ar condicionado e o LABMAT vai instalar um. No LDPT o equipamento é ligado o dia todo durante o verão; o estado do filtro e do equipamento em geral é muito regular porque é um aparelho velho que foi doado ao laboratório.

**Computadores:** Existem três computadores, um é ligado 8 h/dia sendo utilizado 60%; outro é ligado 10 h/dia pois não é desligado nas horas de almoço e sua porcentagem de utilização é de 10%. O último, pertencente ao LABOPE e LAFETE, é ligado só para práticas do laboratório, 12 vezes por semestre, durante 5 horas e a sua porcentagem de utilização é de 100%.

**Outros equipamentos:** Existem um total de 60 equipamentos cuja potência total é de 45 kW, com um consumo de energia de 96 kWh/dia e 2105 kWh/mês.

Em geral, o pessoal que ocupa o bloco A não mostrou-se insatisfeito com as condições ambientais dos locais, mas 50% sente falta de energia uma vez por mês. Houve queima de disjuntores e problemas com equipamentos. 70% das lâmpadas são desligadas quando não tem pessoal nos laboratórios, mas o ar condicionado do LDPT não é desligado nas horas de almoço.

O principal problema com equipamentos apresenta-se quando ligam-se simultaneamente as muflas do LABMAT e do LDPT, já que os disjuntores são acionados. Teve-se também queima em uma placa do cromatógrafo do LDPT, mas encontrar a razão do fato requer um estudo detalhado de aterramento e das instalações elétricas, o que não é objetivo deste trabalho.

#### 4.3.2 Bloco B

**Ocupação:** Neste bloco os locais normalmente estão ocupados por uma ou duas pessoas durante o dia. Na CONAQ Jr. todas as quintas se reúnem 7 pessoas das 18 às 20 h.

**Lâmpadas:** Existem 82 lâmpadas, todas de 40 W. 40 são ligadas o dia todo, 12 são ligadas em média 4 horas por dia e as 30 restantes são ligadas menos de uma hora diária. 30% das lâmpadas encontram-se em estado regular, as restantes em bom estado.

**Ar condicionados:** Ambos, LABMASSA e LABEQ, possuem ar condicionado, mas o estado dos aparelhos é ruim e os filtros estão péssimos. O ar condicionado do LABMASSA é ligado o dia todo durante o verão enquanto no LABEQ só é ligado à tarde na mesma estação.

**Computadores:** Existem três computadores, um é ligado 8 h/dia sendo utilizado 75%; outro não tem hora fixa para ser ligado mas a sua porcentagem de utilização é 90% e o último é ligado poucas vezes e a sua porcentagem de utilização é 100%.

**Outros equipamentos:** Existem no total nove equipamentos, cuja potência total é igual a 3 kW, com um consumo de energia de 96 kWh/dia e 2120 kWh/mês.

O pessoal do bloco B encontra condições ambientais quentes nos meses de verão e conforto nos meses de inverno; no LABEQ apresenta-se aquecimento das paredes durante o verão entre às 12 e às 15 h. Existem opiniões divergentes quanto a falta de energia, tendo pessoas que citam falta de energia mensal e outras bianual. Costumam desligar a iluminação e o ar condicionado quando não tem pessoal nos locais, incluindo as horas de almoço.

No LABEQ foi feita a observação de que o prédio não tem tomadas suficientes para efetuar as experiências de laboratório, dado que o local não foi construído inicialmente para este fim. Este local estava destinado à chefia do departamento, razão pela qual os alunos usam tomadas múltiplas para as práticas de laboratório.

#### 4.3.3 Bloco C

**Ocupação:** Os laboratórios geralmente estão ocupados por duas pessoas como mínimo e 4 pessoas ao máximo, exceto na sala de reologia que é ocupada por um máximo de cinco pessoas uma vez por semestre. O ENGEBIO tem aula às terças feiras para 6 alunos e o PROALI tem aula às terças e quintas feiras, das 10 às 12 h, para 16 alunos.

**Lâmpadas:** Existem 102 lâmpadas de 40 W nos laboratórios, 80 delas são ligadas o dia todo, 8 são ligadas 4 ou 5 horas por dia, e as 14 restantes quase nunca são ligadas. A metade das lâmpadas encontram-se em bom estado e a outra metade em estado regular. Nos banheiros ainda existem lâmpadas incandescentes de 100 W como única possibilidade de iluminação artificial, mas elas são ligadas muito pouco, dado que os banheiros são praticamente de uso exclusivo do ENGEBIO.

**Ar condicionados:** O LABSEM e o ENGEBIO possuem aparelho de ar condicionado, e em ambos o estado do filtro é ruim e o estado geral do aparelho é regular. Estes equipamentos são ligados só no verão, durante o dia todo. No ENGEBIO prefere-se usar ventiladores, dado que o aparelho de ar condicionado é ineficiente.

**Computadores:** Neste bloco existem 6 computadores, dois deles são ligados 8 h/dia sendo utilizados em 80%, outros dois são ligados de 4 a 6 h/dia, com uma porcentagem de utilização entre 90 e 100%; o quinto aparelho só é ligado duas vezes por semestre, sendo utilizado 100%, e o último é ligado 24 h/dia mas o monitor é desligado durante a noite.

**Outros equipamentos:** Existem no total 48 equipamentos cuja potência total é igual a 39 kW, com um consumo de energia de 116 kWh/dia e 2555 kWh/mês.

O pessoal que ocupa o bloco diz que a temperatura dos laboratórios no verão oscila em torno de 35°C e no inverno a temperatura é confortável, levando-se em conta que os locais podem aquecer um pouco em função dos equipamentos. Na sala de reologia apresenta-se bastante aquecimento das paredes à tarde durante o verão. A falta de energia acontece uma vez por semestre. Costuma-se desligar a iluminação e o ar condicionado quando não há pessoal nos laboratórios incluindo as horas de almoço, exceto no LABSEM.

O principal problema no bloco ocorreu quando o LASIPO começou a usar o secador, devido a que ocorria desligamento dos disjuntores gerais do bloco. A solução para este problema foi tomar a energia para alimentar o secador antes da caixa geral do bloco, mas é preciso refazer a distribuição dos fios e da carga nesta caixa, segundo um dos estudantes.

#### 4.3.4 Bloco D

**Ocupação:** Os laboratórios deste bloco estão ocupados normalmente por 5 ou 6 pessoas durante o dia, exceto no GESC que tem no máximo 3 pessoas por vez.

**Lâmpadas:** Existem 8 lâmpadas de 40 W e 80 lâmpadas de 65 W. 62 lâmpadas são ligadas o dia todo, 24 são ligadas entre 4 e 6 h/dia e 2 são ligadas 1 h/dia no máximo. 70% das lâmpadas encontra-se em bom estado e o 30% restante, pertencentes ao LCP, em estado regular.

**Ar condicionados:** Em todos os laboratórios existem dois aparelhos de ar condicionado para um total de 8 equipamentos no bloco D. Dois dos aparelhos são relativamente novos, por isso seu estado é ótimo, outros quatro encontram-se em bom estado, tanto o filtro como o aparelho em geral, e os dois restantes tem o filtro regular e o estado geral do aparelho é regular. Cinco destes aparelhos são ligados o dia todo durante o verão, dois são ligados só na tarde, e um é ligado só 2 h por semana.

**Computadores:** Existem 14 computadores, sete são ligados 24 h/dia. Destes, seis desligam o monitor à noite sendo utilizados em 20%, quatro tem funcionamento aperiódico e o monitor é desligado às vezes durante o dia sendo utilizados em 90%. Os três restantes são ligados uma hora no máximo, com uma porcentagem de utilização de 100%.

**Outros equipamentos:** Existe um total de 37 equipamentos com potência total igual a 24 kW, e um consumo de energia de 120 kWh/dia e 2653 kWh/mês.

A temperatura do bloco D oscila entre 28 e 30°C no verão mas ela é controlada com os ar condicionados, porém no LABORE I ocorre aquecimento das paredes durante a tarde. Não é usual a falta de energia, que em média pode ser semestral, e não existem problemas elétricos com os equipamentos dos laboratórios. O pessoal costuma desligar a iluminação e o ar condicionado quando os laboratórios não estão ocupados, incluindo as horas de almoço. Todas as janelas do bloco D tem filme refletor.

#### 4.3.5 Bloco E

**Ocupação:** Nas 27 salas de professores só permanece uma pessoa por sala durante o dia, 20 delas sendo ocupadas durante 8 horas, quatro sendo ocupadas nos diferentes dias da semana entre 4 e 8 h e nas três restantes os professores só ficam 2 h, em média, por dia. Estes dados de ocupação excluem os horários de aula dos professores. Só dois professores ocupam as suas salas nos sábados, durante um período máximo de 4 h.

O LABSIN e o INFO podem ser ocupados por até 8 pessoas, enquanto o SIMPRO no máximo por 5 pessoas. As segundas-feiras, das 14 às 17 h, tem-se programada uma reunião no INFO, momento no qual o local é ocupado por 31 pessoas.

Na coordenadoria de estágios e na CPGENQ permanecem no máximo duas pessoas, na secretária do EQA quatro pessoas, nas duas salas de aula 20 pessoas e no auditório 31 pessoas.

**Lâmpadas:** As 269 lâmpadas deste prédio são de 65 W. 178 são ligadas o dia todo, 51 são ligadas em média 4 horas por dia e 40 são ligadas só duas horas por semana. 93 % das lâmpadas encontram-se em bom estado e 7% em estado ruim. Adicionalmente todos os banheiros possuem lâmpadas incandescentes, para um total de oito lâmpadas incandescentes neste bloco.

**Ar condicionados:** No total existem 27 aparelhos de ar condicionado, dois são ligados durante 24 h por dia (laboratório de informática), 16 são ligados durante 8 h, 8 são ligados durante 4 h e um não é ligado. 12 destes aparelhos tem bom filtro e estado geral, 7 tem o filtro regular e o estado geral bom, e 8 tem o filtro péssimo e o estado geral ruim. Nove salas de professores não tem ar condicionado.

**Computadores:** Tem-se um total de 47 computadores, 8 são ligados 24 h/dia, 16 são ligados 24 h/dia mas o monitor é desligado na noite, 18 são ligados durante 8 h, 5 são ligados durante 4 h. A porcentagem de utilização destes computadores é muito variável. Existem 14 computadores que são usados 80%, 11 em 50%, e 22 em 20% ou menos.

**Outros equipamentos:** Existem no total 46 equipamentos, entre servidores, impressoras, ventiladores, cafeteiras e refrigeradores basicamente, cuja potência total é igual a 12 kW, com um consumo de energia de 112 kWh/dia e 2477 kWh/mês.

Em geral, o pessoal que ocupa as salas localizadas a oeste no bloco E manifestou inconformidade nas condições ambientais dos locais no verão, sentem aquecimento das paredes e um calor insuportável. Já nas salas do lado leste nota-se um aquecimento menor. Quanto à falta de energia existem diversas opiniões: quinzenal, mensal, trimestral e anual, tendo maior peso a mensal. Em 70% dos locais que têm ocupação permanente costuma-se desligar a iluminação e 65% dos aparelhos de ar condicionado são desligados quando não são ocupados, incluindo as horas de almoço.

Foram feitas as seguintes observações pelos usuários:

- Desligar as lâmpadas nos corredores ao final da noite.
- Entra muito calor por radiação pelas janelas das salas.
- Nem todas as salas dos professores têm adequada distribuição dos aparelhos, dado que em algumas o ar condicionado fica nas costas do usuário prejudicando a sua saúde.
- A construção do prédio, quanto à orientação, foi errada, devido a que o sol fica batendo toda a tarde no oeste.
- A vida útil das lâmpadas depende do número de vezes que elas são ligadas e por essa razão esta pessoa não desliga as lâmpadas durante o dia.

#### 4.3.6 Comparação entre blocos

**Iluminação:** A Tabela 21 apresenta as estatísticas gerais do total das lâmpadas.

**Tabela 21. Lâmpadas totais por bloco**

Ítem	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Total
<b>Lâmpadas</b>	94	82	102	88	269	<b>635</b>
<b>Porcentagem</b>	15	13	16	14	42	<b>100</b>
<b>Área/andar [m<sup>2</sup>]</b>	293	300	375	297	330	<b>1595</b>
<b>Lâmp/área</b>	0,32	0,27	0,27	0,30	0,27	-
<b>Área/lâmp</b>	3	4	4	3	4	-

As lâmpadas estão distribuídas uniformemente em todos os blocos, já que a cada andar do bloco E corresponde 14%. Isto pode ser verificado com o valor de área/lâmpada (ou lâmpada/área) que indica que uma lâmpada ilumina 3 ou 4 m<sup>2</sup> no máximo, ou seja, o consumo de energia por área é eqüitativo em todos os blocos.

70% do total das lâmpadas existentes no departamento são desligadas quando os locais não estão sendo ocupados. Neste sentido, o bloco C se destacou por seus bons hábitos de consumo de eletricidade em relação à iluminação, enquanto o Bloco A apresenta maior desperdício de energia para este uso final.

Ainda existem no prédio lâmpadas incandescentes de 100 W, duas localizadas nos banheiros do bloco C, sem possibilidade de iluminação fluorescente alternativa, e seis localizadas nos banheiros do bloco E, os quais tem por sua vez duas lâmpadas fluorescentes cada um.

**Ar condicionados:** A Tabela 22 apresenta as estatísticas gerais do total dos aparelhos de ar condicionado.

**Tabela 22. Aparelhos totais de ar condicionado por bloco**

Ar condicionados		Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Total
Estado	FB, AB (1)				6	12	18
	FR, AB (2)	1				7	8
	FP, AR (3)		2	2		8	12
Utilização [horas]	24 h/dia					2	2
	8-10 h/d	1	1	2	5	16	25
	4 h/d		1			8	9
	2 h/sem				1	1	2
<b>Total aparelhos</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>38</b>

(1): Estado geral do aparelho e do filtro bom

(2): Estado do filtro regular e estado geral do aparelho bom

(3): Estado do filtro péssimo e estado geral do aparelho ruim

Todos os aparelhos de ar condicionado dos blocos B e C, e 30% do bloco E, encontram-se em estado ruim ou péssimo, sendo preciso substituí-los. Só os aparelhos do bloco D e 45% do bloco E encontram-se em bom estado, incluindo o seu filtro, correspondendo a 47% do total do aparelhos do departamento.

Pelo exposto demonstra-se a necessidade de trocar os aparelhos velhos e ruins por aparelhos de alta eficiência, já que 70% dos aparelhos de ar condicionado do departamento permanecem ligados no mínimo oito horas diárias durante o verão.

**Computadores:** A Tabela 23 apresenta a distribuição dos computadores pelos blocos.

**Tabela 23. Número de computadores por bloco**

Computadores		Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Total
Ligados	24 h/d				1	8	9
	CPU:24 h/d, Mon: 14h/d			1	6	16	23
	8-10 h/d	2	1	2		18	23
	4 h/d		1	2	4	5	12
	2 h/sem		1	1	3		5
	10 h/mês	1					1
Utilização [%]	100%	1	1	4	8		14
	80%		2	2		14	18
	50%	1				11	12
	20% ou menos	1			6	22	29
<b>Total aparelhos</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>47</b>	<b>73</b>

O maior número de computadores pertence ao bloco E (65% do total), o que é bastante lógico dado que neste bloco localizam-se todas as salas dos professores, o laboratório de informática e dois laboratórios de simulações.

Um fato que merece atenção é que 40% da totalidade dos computadores do prédio da engenharia química são usados no máximo 20% do tempo que permanecem ligados, originando um desperdício de energia que poderia ser evitado. Só 44% de todos os computadores são utilizados no mínimo 80% do tempo que permanecem ligados<sup>39</sup>.

Por exemplo, não tem sentido que 44% (32 PC's) dos computadores fiquem ligados a noite toda (24 h/d) se apenas cinco correspondem a estações de trabalho<sup>40</sup>. Na realidade, os computadores que ficam ligados 24 h, sem uma razão de peso, são aqueles que tem menor porcentagem de utilização (menos de 20%).

<sup>39</sup> Nesta estatística não são incluídos os computadores ligados 24 h/d por exigência de outros equipamentos que devem permanecer refrigerados continuamente.

<sup>40</sup> Nesta estatística não são incluídos os servidores.

#### 4.4 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO

Observou-se que nos prédios antigos (blocos A, B, e C) usam-se lâmpadas General Electric, Silvana e Philips de 40 W e nos prédio novos lâmpadas Osram de 65 W. No começo deste estudo, 77% das lâmpadas encontravam-se em bom estado, mas no mês de setembro foi feita uma revisão geral das luminárias do prédio, trocando as lâmpadas defeituosas e aumentando esta porcentagem para 95%.

O número de lâmpadas por local e seu consumo de energia é apresentado na Tabela 24.

**Tabela 24. Distribuição e consumo de energia das lâmpadas por local**

Bloco	Local	Número de lâmpadas				Potencia [W]	Perdas [W]	Regimes [h/dia]	Consumo			
		40 W	65 W	100 W	160 W				Typo (*)	[kWh/dia]	[kWh/mês]	
A	LAFFETE		22			F	1430	352	4	7.13	156.82	
	LABMAT	24				F	960	276	8	9.89	217.54	
		20				F	800	230	0.5	0.52	11.33	
	LDPT	18				F	720	207	8	7.42	163.15	
	Oficina	6				F	240	69	8	2.47	54.38	
Circulaç	2					F	80	23	8	0.82	18.13	
		2					130	32	4	0.65	14.26	
B	LABEQ	6			2	F, LM	560	69	8	2.95	64.94	
		6				F	240	69	0.5	0.15	3.40	
	LABMASSA	12				F	480	138	8	4.94	108.77	
	CONAQ, Jr	4				F	160	46	8	1.65	36.26	
	Sala téc	6				F	240	69	8	2.47	54.38	
	Sala est I	4				F	160	46	0.5	0.10	2.27	
	Sala est II	4				F	160	46	0.5	0.10	2.27	
	Sala est III	8				F	320	92	0.5	0.21	4.53	
	Almoxarifado	4				F	160	46	4	0.82	18.13	
	Copa circ	8				F	320	92	0.5	0.21	4.53	
	Banheiros	12				F	480	138	8	4.94	108.77	
	C	PROALI	32				F	1280	368	8	13.18	290.05
LABSEM		14				F	560	161	8	5.77	126.90	
		24				F	960	276	8	9.89	217.54	
ENGEPIO		4				F	160	46	4	0.82	18.13	
		2				F	80	23	0.5	0.05	1.13	
LASIPO		12				F	480	138	8	4.94	108.77	
		4				F	160	46	4	0.82	18.13	
Reologia		8				F	320	92	0.5	0.21	4.53	
Circulac		2				F	80	23	0.5	0.05	1.13	
Banheiros				2		F, I	200	0	0.5	0.10	2.20	
D	LABORE I		20			F	1300	320	8	12.96	285.12	
	LABORE II		8	14		F	1230	316	8	12.37	272.10	
	LCP		24			F	1560	384	4	7.78	171.07	
	GFSC		20			F	1300	320	8	12.96	285.12	
	Circulac		2			F	130	32	0.5	0.08	1.78	
E	Coord. Estág		10			F	650	160	8	6.48	142.56	
	Coord. PG		10			F	650	160	8	6.48	142.56	
	Secret EOA		14			F	910	224	8	9.07	199.58	
	Chefia		4			F	260	64	4	1.30	28.51	
	Auditório		24			F	1560	384	4	7.78	171.07	
	Salas aula		16			F	1040	256	0.5	0.65	14.26	
	INFO		20			F	1300	320	8	12.96	285.12	
	LABSIN		8			F	520	128	8	5.18	114.05	
	SIMPRO		8			F	520	128	8	5.18	114.05	
	Profess.		88				F	5720	1408	8	57.02	1254.53
			12				F	780	192	4	3.89	85.54
			8				F	520	128	0.5	0.32	7.13
	Banheiros		12	6		F, I	1380	192	0.5	0.79	17.29	
Circulac		20				F	1300	320	8	12.96	285.12	
		11				F	715	176	4	3.56	78.41	
Copa		4			F	260	64	0.5	0.16	3.56		
<b>TOTAL</b>		<b>262</b>	<b>373</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>F, I, LM</b>	<b>35845</b>	<b>8981</b>	<b>-</b>	<b>264.87</b>	<b>5827.13</b>	<b>5827.13</b>

(\*) F: Fluorescente, I: Incandescente, LM: Luz mixta

Na Tabela 24 pode-se observar que os locais que tem maior número de lâmpadas são o LABMAT com 44 lâmpadas, o PROALI com 32 lâmpadas, a circulação do bloco E com 31 lâmpadas, o ENGEBIO com 30 lâmpadas e, o LCP e auditório com 24 lâmpadas.

Por outro lado, isto não significa que sejam estes locais os que tem maior consumo de energia devido à iluminação. Neste sentido, ocupa o primeiro lugar a circulação do bloco E com 364 kWh/mês, seguido pelo PROALI com 290 kWh/mês, INFO, GESC e LABORE I com 285 kWh/mês, LABORE II com 272 kWh/mês, e ENGEBIO com 237 kWh/mês.

Levando em conta a área de cada local, têm maior número de lâmpadas por  $m^2$ , as salas de aula do bloco E com 0,7 lâmpadas/ $m^2$ , a chefia 0,53 lâmpadas/ $m^2$ , o LABMASSA 0,43 lâmpadas/ $m^2$ , a sala dos técnicos 0,42 lâmpadas/ $m^2$ , e as salas de estudo I e III (ver Figura 8) do bloco B com 0,4 lâmpadas/ $m^2$ .

Os maiores consumos de energia por área apresentam-se no LABORE I com 5,25 kWh/mês· $m^2$ , no SIMPRO com 4,88 kWh/mês· $m^2$ , nas coordenadorias de estágios e de pós-graduação com 4,7 kWh/mês· $m^2$ , no LABSIN com 4,48 kWh/mês· $m^2$ , e no INFO com 4,44 kWh/mês· $m^2$ .

O bloco com maior consumo de energia por andar devido à iluminação é o bloco D com 1015 kWh/mês, já que o bloco E consome em média 981 kWh/mês. O bloco com menor consumo de energia por andar, pelo mesmo uso final, é o bloco B.

Com o objetivo de verificar o cumprimento da norma ABNT 5413 para a iluminação<sup>41</sup> dos diferentes locais foi feita a medida do nível de iluminância em um dia escuro. Os valores destes níveis são apresentados na Figura 8 até a Figura 13.

Estas medidas foram obtidas nas condições normais de trabalho nos locais, as quais incluem a abertura de janelas e portas, entre outras, já que existem locais onde nunca são abertas as janelas.

---

<sup>41</sup> ABNT. *Iluminância de interiores : Especificação*. NBR 5413. Brasil, abril 1982.

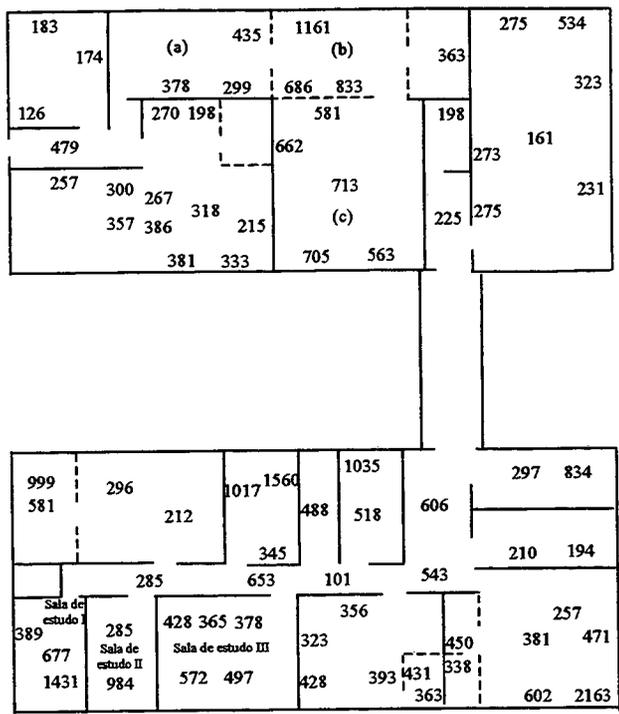


Figura 8. Níveis de iluminância dos blocos A e B

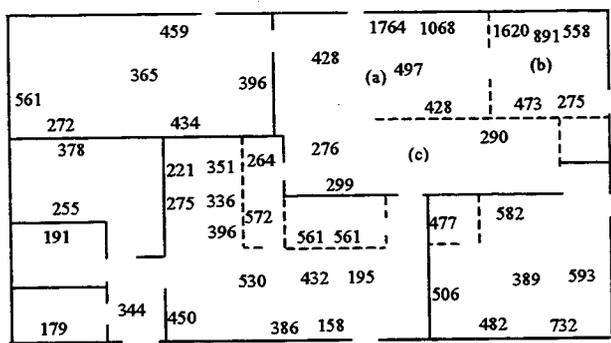


Figura 9. Níveis de iluminância do bloco C

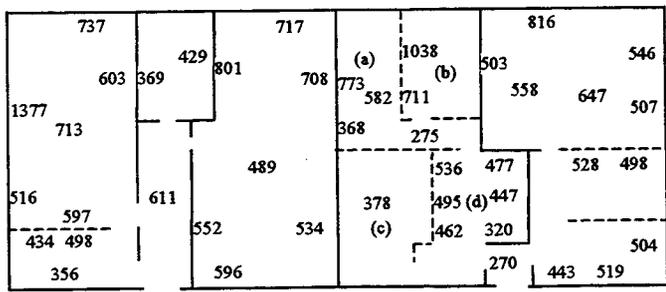
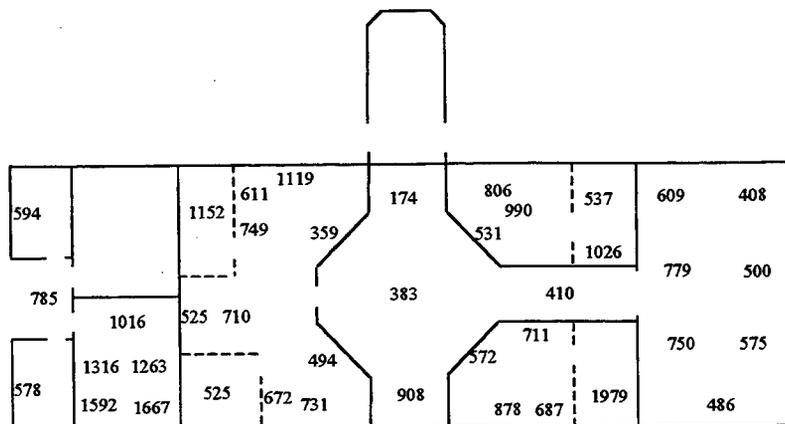
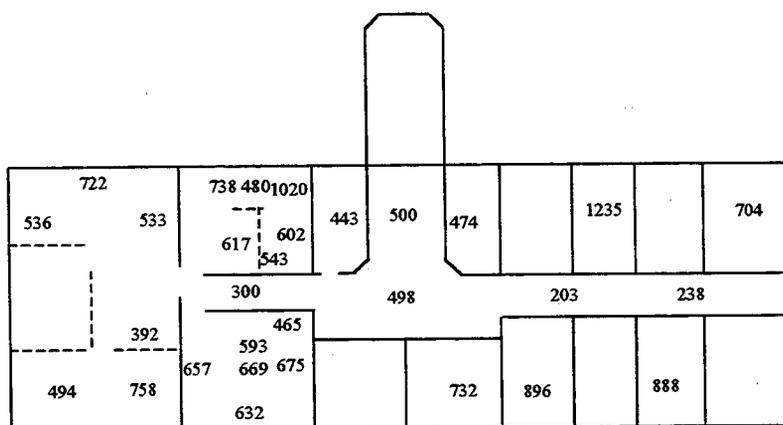


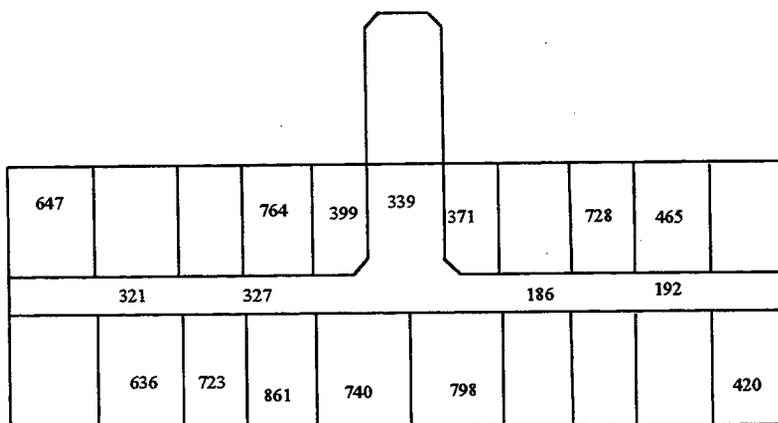
Figura 10. Níveis de iluminância do bloco D



**Figura 11. Níveis de iluminância do bloco E – térreo**



**Figura 12. Níveis de iluminância do bloco E – Primeiro andar**



**Figura 13. Níveis de iluminância do bloco E – Segundo andar**

Segundo a norma ABNT 5413, os locais do departamento de ENQ devem ter os valores de iluminâncias mínimas apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25. Iluminâncias mínimas por local segundo a ABNT 5413**

Local		Luxes
Almoxarifado		200
Auditório	Tribuna	500
	Platéia	200
Banheiros	Geral	150
	Espelhos	300
Copa	Geral	150
	Fogão, pia, mesa	300
Corredores e escadas		100
Laboratórios		500
Oficina		200
Salas administrativas		500
Salas de aula		500
Salas de estudo		500
Salas de professores		500
Sala de reuniões		200

De acordo com os dados apresentados nas figuras acima, pode-se concluir que, comparados com a norma, os locais tem os níveis de iluminância assim classificados.

- Muito menores (menos de 60%): LDPT, LABOPE e LAFETE, PROALI (c).
- Menores (cerca de 75%): LABMAT (a), LABEQ, LABMASSA, LASIPO, LCP (c).
- Ligeiramente menores (cerca de 90%): oficina, PROALI (a), LCP (d).

Os outros locais superam os valores exigidos pela ABNT, incluindo o bloco E inteiro. Neste bloco os níveis medidos são bem superiores aos da norma.

Foi feita uma segunda medição de iluminâncias, pois foram trocadas muitas lâmpadas ruins e aqueles laboratórios onde haviam níveis de iluminância menores do que os exigidos pela norma, poderiam ter ficado dentro dos padrões.

Assim, embora o LDPT e o ENGEBIO tenham todas as lâmpadas em perfeitas condições, continuam com a iluminância abaixo dos valores padronizados. O LABOPE e o LAFETE, e o LABEQ, ainda tinham lâmpadas queimadas, o que não permitiu saber se eles possuem os níveis exigidos pela ABNT.

O LABMASSA, PROALI, LCP, LABMAT e LASIPO, depois da segunda medição, apresentaram valores de iluminância de acordo com a ABNT.

#### 4.5 ANÁLISE DO ESFRIAMENTO DE ESPAÇOS

Cerca de 50% dos aparelhos são da marca Consul e os outros 50%, da marca Springer, exceto quatro aparelhos das marcas Brastemp, Elgin, Philco e Sanyo, e dois aparelhos da marca Prodóscimo. O número de aparelhos de ar condicionado por local e seu consumo de energia é apresentado na Tabela 26.

**Tabela 26. Distribuição e consumo de energia dos condicionadores de ar**

Bloco	Local	Potência			Regimes [h/dia]	Consumo		
		[Btu/h]	NA	[W]		[kWh/dia]	[kWh/mês]	
A	LDPT	30000	1	3600	8	28,80	316,8	316,80
B	LABEQ	7500 kcal/h	1	3600	8	28,80	316,8	435,60
	LABMASSA	30000	1	3600	3	10,80	118,8	
C	ENGEBIO	30000	1	3600	6	21,60	237,6	352,00
	LABSEM	18000	1	2600	4	10,40	114,4	
D	GESC	21000	1	2800	6	16,80	184,8	833,80
		12000	1	1600	0,5	0,80	8,8	
	LABORE I	18000	1	2600	3	7,80	85,8	
		10000	1	1400	3	4,20	46,2	
	LABORE II	12500	1	1750	8	14,00	154	
		10000	1	1400	8	11,20	123,2	
	LCP	15000	1	2100	6	12,60	138,6	
10000		1	1400	6	8,40	92,4		
E	Auditório	30000	1	3600	3	10,80	118,8	3264,65
	Chefia	10000	1	1400	3	4,20	46,2	
	Coord. Estág	20000	1	2800	3	8,40	92,4	
	Coord. PG	7500	1	1050	8	8,40	92,4	
		10000	1	1400	3	4,20	46,2	
	INFO	30000	1	3600	24	86,40	950,4	
		7500	1	1050	24	25,20	277,2	
		12000	1	1600	3	4,80	52,8	
	LABSIN	10300	1	1442	8	11,54	126,896	
	Profess	7500	4	4200	8	33,60	369,6	
			4	4200	6	25,20	277,2	
			2	2100	4	8,40	92,4	
			3	3150	3	9,45	103,95	
		10000	1	1400	8	11,20	123,2	
2400 kcal/h	1	1400	3	4,20	46,2			
Secret EQA	18000	2	5200	6	31,20	343,2		
SIMPRO	12000	1	1600	6	9,60	105,6		
<b>TOTAL</b>			<b>40</b>	<b>73242</b>	<b>192,5</b>	<b>472,99</b>	<b>5202,846</b>	<b>5202,85</b>

O local com maior número de aparelhos de ar condicionado é o INFO, com três aparelhos, seguido pelos laboratórios do bloco D e a coordenadoria de pós-graduação, com dois aparelhos em cada local. Os demais locais que têm aparelho de ar condicionado só possuem um aparelho.

Os locais com maior consumo de energia devido ao ar condicionado são, por ordem: INFO com 1280 kWh/mês, a secretaria do EQA com 343 kWh/mês, LDPT e LABEQ com 317 kWh/mês, LABORE II com 277 kWh/mês, e ENGEBIO com 238 kWh/mês. Cabe salientar que o INFO precisa ter um dos aparelhos ligado o dia todo devido a exigências próprias das condições climáticas dos servidores (computadores).

Levando em conta a área de cada local, os cinco locais com maior consumo de energia são, por ordem: INFO com 20 kWh/mês·m<sup>2</sup>, as salas dos professores com 10 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LABEQ com 8 kWh/mês·m<sup>2</sup>, chefia com 6 kWh/mês·m<sup>2</sup>, e a secretaria do EQA com 5 kWh/mês·m<sup>2</sup>.

O bloco com maior consumo de energia por andar devido ao ar condicionado é o bloco E, com uma média de 1088 kWh/mês, seguido pelo bloco D que consome 834 kWh/mês.

Com o objetivo de verificar o dimensionamento adequado dos aparelhos de ar condicionado nos diferentes locais, foi feito o cálculo da quantidade de carga térmica em kW que deve ser resfriada pelos aparelhos. Os cálculos são apresentados a seguir.

#### 4.5.1 Ganho de calor pelos fechamentos

A Tabela 27 apresenta o ganho máximo de calor pelos fechamentos opacos e transparentes e pelo teto, de acordo com os procedimentos estabelecidos na metodologia.

**Tabela 27. Ganho de calor pelos fechamentos**<sup>42</sup>

Fechamento	Bloco	Orientação	U	$\alpha$	I	Rse	te	ti	Fs	q	
Opacos	A-C	Norte	1,18	0,30	161	0,04	33	23	-	14,06	
		Leste	1,18	0,30	392	0,04	33	23	-	17,32	
		Oeste	1,18	0,30	155	0,04	33	23	-	13,97	
		Sul	1,18	0,30	478	0,04	33	23	-	18,54	
	D	Norte	2,67	0,70	161	0,04	33	23	-	38,73	
		Leste	2,67	0,70	392	0,04	33	23	-	55,99	
		Oeste	2,67	0,70	155	0,04	33	23	-	38,28	
		Sul	2,67	0,70	478	0,04	33	23	-	62,42	
	E	Norte	2,53	0,30	161	0,04	33	23	-	30,24	
		Leste	2,53	0,30	392	0,04	33	23	-	37,26	
		Oeste	2,53	0,30	155	0,04	33	23	-	30,05	
		Sul	2,53	0,30	478	0,04	33	23	-	39,88	
Transparentes	Fluxo térmico	-	5,79	-	-	-	33	23	-	57,90	
	Ganho solar	Norte	-	-	161	-	-	-	-	0,87	140,07
		Leste	-	-	392	-	-	-	-	0,87	341,04
		Oeste	-	-	155	-	-	-	-	0,87	134,85
		Sul	-	-	478	-	-	-	-	0,87	415,86
Teto	A, B, C, D	-	2,00	0,60	478	0,04	33	23	-	42,94	
	E	-	2,53	0,60	478	0,04	33	23	-	54,30	

<sup>42</sup> Os valores de radiação solar pelos fechamentos foram obtidos do programa de computador SUMMER Version 2.0. *A tool for Passive Cooling of Buildings*. Desenvolvido por N. Klitsikas, V. Geros, M. Santamouris, E. Dascalaki, S. Kontoyiannidis, A. Argiriou. CIENE, Central Institution for Energy Efficiency Education, Division of Applied Physics, University of Athens.

Segundo os cálculos feitos, os blocos sempre terão maior ganho de calor, devido aos fechamentos, pelo lado sul dos edifícios. Também é evidente que os ganhos solares pelas janelas são bem maiores que os ganhos pelas paredes ou tetos, alcançando proporções de até 20 vezes a mais.

#### 4.5.2 Carga térmica

A Tabela 28 apresenta o cálculo do calor que deve ser retirado nos locais que exigem um adequado conforto ambiental.

**Tabela 28. Carga térmica dos locais [W]**

Bloco	Local	Fecham	Teto	Ocup	Ilumin	Equip	C. sensive	C. latente	Total
A	LAFETE	2162	2654	2080	1578	0	69,02	358,92	8903
	LABMAT	1283	1879	640	1030	700	48,85	254,04	5835
		756	827	640	515	630	21,50	111,78	3501
		995	1014	640	515	317	26,38	137,18	3645
	LDPT	2489	2697	640	927	1347	70,14	364,73	8535
B	LABEQ	2160	1718	320	618	1168	44,67	232,27	6261
	LABMASSA	1640	1198	610	618	400	31,16	162,04	4659
	CONAQ. Jr	283	521	390	206	400	10,40	54,08	1865
	Sala téc	292	612	260	309	0	12,21	63,48	1549
	Sala estudos	1053	432	720	206	0	8,62	44,83	2465
	Sala estudos	1053	451	720	206	0	9,00	46,77	2486
	Sala estudos	2101	864	720	412	0	17,24	89,65	4204
	PROALI	723	867	960	412	405	17,29	89,93	3474
C	LABSEM	1249	1642	2880	927	120	32,77	170,39	7022
	ENGENBIO	1268	1959	480	618	400	39,09	203,24	4967
	LASIPO (1)	2345	2533	1120	1339	1200	50,54	262,83	8851
	Reologia	1308	2250	640	618	458	44,89	233,45	5553
	Reologia	304	1053	800	412	0	21,02	109,28	2700
D	LABORE I	2012	1771	740	972	0	46,06	239,53	5781
	LABORE II	1940	561	390	324	1200	14,59	75,85	4505
		2036	2678	870	1546	1600	69,65	362,19	9162
	LCP	695	620	480	648	0	16,12	83,85	2543
	GESC	1417	923	870	486	2400	24,01	124,84	6245
		1585	1771	450	972	46	46,06	239,53	5109
E	Coord. Estág	1127	590	450	324	400	15,35	79,84	2987
	Coord. Estág	753	0	140	486	400	20,55	106,86	1906
		495	0	140	324	0	11,05	57,46	1027
	Coord. PG	119	0	140	486	400	20,59	107,08	1273
		174	0	140	324	400	11,02	57,32	1106
	Secret EQA	1480	0	560	1134	2000	68,51	356,25	5596
	Chefia	869	0	140	324	400	7,80	40,56	1782
	Auditório	3736	0	4200	1944	0	71,83	373,49	10326
	Salas aula	1087	0	2600	648	0	23,89	124,22	4483
	INFO (alunos)	1924	0	1040	810	4744	38,32	199,25	8756
	INFO (reunião)	1139	0	4340	486	0	20,21	105,11	6090
	INFO	646	0	140	324	2400	13,54	70,39	3594
	LABSIN	1007	0	780	648	2274	24,93	129,63	4863
	SIMPRO	1760	0	650	648	2000	22,91	119,12	5200
	Profess. Oeste	594	710	140	324	400	12,90	67,10	2248
Profess. Leste	992	596	140	324	400	10,75	55,90	2519	

A metodologia apresentada para o cálculo da carga térmica e os ganhos de calor pelos fechamentos, é bastante simples, porém, corresponde a uma boa base para comparar as condições existentes com os requerimentos de conforto térmico exigidos por cada ambiente. A Tabela 29 apresenta os resultados destes cálculos.

**Tabela 29. Dimensionamento dos ar condicionados**

Bloco	Local	Existente		Calculado	
		[Btu/h]	NA	[Btu/h]	NA
A	LDPT	30000	1	30000	1
B	LABEQ	30000	1	21000	1
	LABMASSA	30000	1	15000	1
C	ENGEBIO	30000	1	30000	1
	LABSEM	18000	1	18000	1
D	GESC	21000	1	18000	1
		12000	1	10000	1
	LABORE I	18000	1	20000	1
		10000	1	18000	1
	LABORE II	12500	1	15000	2
		10000	1		
	LCP	15000	1	8500	1
		10000	1	21000	1
E	Auditório	30000	1	18000	2
	Chefia	10000	1	7000	1
	Coord. Está	20000	1	7000	1
	Coord. PG	7500	1	7000	1
		10000	1	7000	1
	INFO	30000	1	30000	1
		12000	1	20000	1
		7500	1	12000	1
	LABSIN	10300	1	18000	1
	Profess leste	10000	1	8500	1
	Profes oeste	7500	1	7500	1
	Secret EQA	18000	2	10000	2
	SIMPRO	12000	1	18000	1

Observam-se 13 aparelhos sobredimensionados, incluindo dois pertencentes às salas dos professores. Sete deles estão em mau estado e encontram-se localizados no LABEQ, LABMASSA, GESC, coordenadoria de pós-graduação, salas do professor Daniel E. Garcia e Luis H. Verani. Este último não utiliza o ar condicionado por razões de saúde.

Verifica-se que 16 aparelhos estão bem dimensionados, dos quais quatro estão em mau estado e encontram-se localizados no LDPT, ENGEBIO, LABSEM, e na sala dos professor Leonel Pinto.

Outros 10 aparelhos estão subdimensionados, dos quais três estão em mau estado e encontram-se localizados no LABORE I, LABSIN e no auditório.

No momento da substituição dos aparelhos que se encontram em estado ruim, pode-se aproveitar para adquirir equipamentos com dimensionamento adequado e de acordo com os dados apresentados na Tabela 29.

## 4.6 ANÁLISE DOS COMPUTADORES

O número de computadores por local e seu consumo de energia é apresentado na Tabela 30.

**Tabela 30. Distribuição e consumo de energia dos computadores**

Bloco	Local	Número aparelhos	Regimes [h/dia]	Consumo		
				[kWh/dia]	[kWh/mês]	
A	LDPT	1	8,0	2,40	52,80	95,04
	LABMAT	1	6,0	1,80	39,60	
	LAFETE	1	0,4	0,12	2,64	
B	LABMASSA	1	8,0	2,40	52,80	92,40
	CONAQ. Jr	1	3,0	0,90	19,80	
	Almoxarifado	1	3,0	0,90	19,80	
C	LABSEM	1	24,0	7,20	158,40	310,20
	ENGEBIO	1	8,0	2,40	52,80	
		1	3,0	0,90	19,80	
		1	0,5	0,15	3,30	
	LASIPO	1	6,0	1,80	39,60	
	PROALI	1	5,5	1,65	36,30	
D	GESC	1	3,0	0,90	19,80	1280,40
	LABORE I	3	24,0	21,60	475,20	
	LABORE II	4	24,0	28,80	633,60	
	LCP	3	6,0	5,40	118,80	
		1	3,0	0,90	19,80	
		2	1,0	0,60	13,20	
E	Coord. Estág	1	3,0	0,90	19,80	5062,20
	Coord. PG	2	8,0	4,80	105,60	
	INFO	5	24,0	36,00	792,00	
	LABSIN	2	24,0	14,40	316,80	
		3	8,0	7,20	158,40	
	Profess.	9	24,0	64,80	1425,60	
		11	8,0	26,40	580,80	
		4	3,0	3,60	79,20	
	Secret EQA	5	24,0	36,00	792,00	
	SIMPRO	5	24,0	36,00	792,00	
<b>TOTAL</b>		<b>73</b>	<b>286,4</b>	<b>310,92</b>	<b>6840,24</b>	

O local com maior número de computadores é o LCP com seis equipamentos, seguido pelos três laboratórios do bloco E e a Secretaria de Engenharia Química com cinco aparelhos em cada local. O LABORE II possui quatro computadores e o LABORE I e o ENGEBIO três destes aparelhos. Os demais locais contam apenas com um computador, com exceção da Coordenadoria de pós-graduação, que possui dois computadores.

Os locais com maior consumo de energia devido ao uso de computadores são por ordem: INFO, SIMPRO e a Secretaria de Engenharia Química com 792 kWh/mês, o LABORE II com 634 kWh/mês, LABORE I e LABSIN com 475 kWh/mês, LABSEM com 158 kWh/mês, e LCP com 152 kWh/mês. Nesta análise não estão incluídos os servidores.

Levando em conta a área de cada local, os locais com maior consumo de energia são, por ordem: SIMPRO com 34 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LABSIN com 17 kWh/mês·m<sup>2</sup>, as salas dos professores e a secretaria do ENQ com 12 kWh/mês·m<sup>2</sup>, INFO com 11 kWh/mês·m<sup>2</sup>, e LABORE II com 10 kWh/mês·m<sup>2</sup>.

O bloco com maior consumo de energia por andar devido ao uso de computadores é o bloco E, com uma média de 1687 kWh/mês, seguido pelo bloco D que consome 1280 kWh/mês.

#### **4.7 ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO**

A lista de equipamentos por local e seu consumo de energia é apresentado no Anexo 2, mas o seu consumo total de energia é 7805 kWh/mês.

O local com maior número de equipamentos de laboratório, com consumo significativo nas contas de energia, é o LABOPE e LAFETE com 21 equipamentos, seguido pelo LDPT com 17 equipamentos, ENGEBIO com 16 equipamentos, PROALI com 15 equipamentos e, LABMAT com 14 equipamentos.

Os locais com maior consumo de energia devido ao uso de equipamentos de laboratório são, por ordem: LDPT com 1366 kWh/mês, LASIPO com 1223 kWh/mês, PROALI com 1166 kWh/mês, INFO com 1061 kWh/mês, e ENGEBIO com 734 kWh/mês. Nesta parte estão incluídos os servidores.

Levando em conta a área de cada local, os locais com maior consumo de energia são na sua ordem LASIPO com 23 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LDPT com 22 kWh/mês·m<sup>2</sup>, INFO com 17 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LABEQ com 15 kWh/mês·m<sup>2</sup>, e PROALI com 11 kWh/mês·m<sup>2</sup>.

O bloco com maior consumo de energia por andar devido ao uso de equipamentos de laboratório é o bloco C, com 3156 kWh/mês, seguido pelo bloco A que consome 2105 kWh/mês.

## 4.8 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA POR BLOCOS SEGUNDO OS QUESTIONÁRIOS

O consumo de energia por cada uso final e consumo de energia total, por locais, é apresentado na Tabela 31.

**Tabela 31. Consumo total de energia por usos finais e por bloco**

Bloco	Local	Consumo mensal [kWh/mês]					Área [m <sup>2</sup> ]	Consumo [kWh/(mês*m <sup>2</sup> )]	
		Iluminação	Ar cond	PC's	Outros	Total		Por local	Por bloco
A	LAFETE	156,82		2,64	94,20	253,65	61,81	4,10	10,79
	LABMAT	228,87		39,60	627,59	896,05	97,01	9,24	
	LDPT	163,15	316,80	52,80	1366,35	1899,10	62,81	30,23	
	Oficina	54,38			16,41	70,80	19,59	3,61	
	Circulaç	32,38				32,38	19,13	1,69	
B	LABEQ	68,34	316,80		600,27	985,41	40,00	24,64	5,33
	LABMASSA	108,77	118,80	52,80	7,80	288,17	27,91	10,33	
	CONAQ, Jr	36,26		19,80		56,06	12,14	4,62	
	Sala téc	54,38				54,38	14,25	3,82	
	Sala est I	2,27				2,27	10,06	0,23	
	Sala est II	2,27				2,27	10,50	0,22	
	Sala est III	4,53				4,53	20,13	0,23	
	Almoxarifado	22,66		19,80		42,46	41,56	1,02	
	Copa, circ	108,77			17,60	126,37	40,31	3,13	
	Banheiros	36,26				36,26	27,91	1,30	
	C	PROALI	290,05		36,30	1165,71	1492,06	102,31	
LABSEM		126,90	114,40	158,40	33,09	432,78	45,63	9,49	
ENGEBO		236,80	237,60	75,90	733,87	1284,16	77,00	16,68	
LASIPO		126,90		39,60	1223,07	1389,56	52,41	26,52	
Reologia		4,53				4,53	24,53	0,18	
Circulaç		1,13				1,13	7,97	0,14	
Banheiros		2,20				2,20	21,25	0,10	
D	LABORE I	285,12	132,00	475,20	36,06	928,38	54,31	17,09	12,18
	LABORE II	272,10	277,20	633,60	14,77	1197,66	62,38	19,20	
	LCP	171,07	231,00	151,80	202,52	756,39	74,84	10,11	
	GESC	285,12	193,60	19,80	233,79	732,31	70,81	10,34	
	Circulaç	1,78				1,78	17,58	0,10	
E	Coord. Estág	142,56	92,40	19,80	2,42	257,18	30,36	8,47	11,86
	Coord. PG	142,56	138,60	105,60	0,81	387,57	30,36	12,77	
	Secret EQA	199,58	343,20	792,00	1,76	1336,54	65,875	20,29	
	Chefia	28,51	46,20			74,71	7,50	9,96	
	Auditório	171,07	118,80		14,80	304,67	69,06	4,41	
	Salas aula	14,26				14,26	22,97	0,62	
	INFO	285,12	1280,40	792,00	1061,15	3418,67	72,19	47,36	
	LABSIN	114,05	126,90	475,20	18,57	734,71	25,44	28,88	
	SIMPRO	114,05	105,60	792,00	15,49	1027,14	23,38	43,94	
	Profess.	1347,19	1012,55	2085,60	246,40	4691,75	13,08	13,29	
	Banheiros	17,29				17,29	57,00	0,30	
	Circulaç	363,53				363,53	213,25	1,70	
	Copa	3,56			70,40	73,96	12,75	5,80	
<b>TOTAL</b>	<b>5827,13</b>	<b>5202,85</b>	<b>6840,24</b>	<b>7804,88</b>	<b>25675,10</b>	<b>1759,34</b>	<b>14,59</b>		

O bloco com maior consumo total de energia por andar é o bloco C com uma média de 4606 kWh/mês; em segundo lugar encontra-se o bloco E que consome em média 4234 kWh/mês.

Levando-se em conta as áreas, os blocos C e D são os blocos com maior consumo total de energia por andar, com 12 kWh/mês·m<sup>2</sup> cada um.

A Tabela 32 apresenta a classificação dos locais de acordo com o consumo total de energia.

**Tabela 32. Classificação dos locais por consumo total de energia**

Classificação por consumo [kWh/mês]			Classificação pela relação consumo/área [kWh/(mês·m <sup>2</sup> )]			
Classif	Local	consumo	Classif	Local	Área [m <sup>2</sup> ]	consumo
1	INFO	3418,67	1	INFO	72,19	47,36
2	LDPT	1899,10	2	SIMPRO	23,38	43,94
3	PROALI	1492,06	3	LDPT	62,81	30,23
4	LASIPO	1389,56	4	LABSIN	25,44	28,88
5	Secret EQ	1336,54	5	LASIPO	52,41	26,52
6	ENGEBIO	1284,16	6	LABEQ	40,00	24,64
7	LABORE II	1197,66	7	Secret EQ	65,88	20,29
8	SIMPRO	1027,14	8	LABORE II	62,38	19,20
9	LABEQ	985,41	9	LABORE I	54,31	17,09
10	LABORE I	928,38	10	ENGEBIO	77,00	16,68
11	LABMAT	896,05	11	PROALI	102,31	14,58
12	LCP	756,39	12	Profess.	13,08	13,29
13	LABSIN	734,71	13	Coord. PG	30,36	12,77
14	GESC	732,31	14	GESC	70,81	10,34
15	LABSEM	432,78	15	LABMASS	27,91	10,33
16	Coord. PG	387,57	16	LCP	74,84	10,11
17	Circulaç	363,53	17	Chefia	7,50	9,96
18	Auditório	304,67	18	LABSEM	45,63	9,49
19	LABMASS	288,17	19	LABMAT	97,01	9,24
20	Coord. Est	257,18	20	Coord. Est	30,36	8,47
21	LAFETE	253,65	21	Copa	12,75	5,80
22	Profess.	173,77	22	CONAQ. J	12,14	4,62
23	Copa, circ	126,37	23	Auditório	69,06	4,41
24	Chefia	74,71	24	LAFETE	61,81	4,10
25	Copa	73,96	25	Sala téc	14,25	3,82
26	Oficina	70,80	26	Oficina	19,59	3,61
27	CONAQ. J	56,06	27	Copa, circ	40,31	3,13
28	Sala téc	54,38	28	Circulaç	213,25	1,70
29	Almoxarifa	42,46	29	Circulaç	19,13	1,69
30	Banheiros	36,26	30	Banheiros	27,91	1,30
31	Circulaç	32,38	31	Almoxarifa	41,56	1,02
32	Banheiros	17,29	32	Salas aula	22,97	0,62
33	Salas aula	14,26	33	Banheiros	57,00	0,30
34	Sala est III	4,53	34	Sala est I	10,06	0,23
35	Reologia	4,53	35	Sala est III	20,13	0,23
36	Sala est I	2,27	36	Sala est II	10,50	0,22
37	Sala est II	2,27	37	Reologia	24,53	0,18
38	Banheiros	2,20	38	Circulaç	7,97	0,14
39	Circulaç	1,78	39	Banheiros	21,25	0,10
40	Circulaç	1,13	40	Circulaç	17,58	0,10

Os locais com maior consumo total de energia são, por ordem: O INFO com 3419 kWh/mês, LDPT com 1899 kWh/mês, PROALI com 1492 kWh/mês, LASIPO com 1390 kWh/mês, e a Secretaria de EQA com 1337 kWh/mês.

Levando-se em conta as áreas, o INFO continua em primeiro lugar, com 47 kWh/mês·m<sup>2</sup>, seguido pelo SIMPRO com 44 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LDPT com 30 kWh/mês·m<sup>2</sup>, LABSIN com 29 kWh/mês·m<sup>2</sup>, e LASIPO com 27 kWh/mês·m<sup>2</sup>.

A Tabela 33 apresenta a classificação dos locais de acordo com a potência total instalada.

**Tabela 33. Classificação dos locais por potência instalada**

Classificação por potencia instalada [kW]			Classificação pela relação potencia/área [kW/m <sup>2</sup> ]			
Classif	Local	Potência	Classif	Local	Área [m <sup>2</sup> ]	Potência
1	LCP	21,82	1	LASIPO	52,41	0,3767
2	LAFETE	20,06	2	LAFETE	61,81	0,3246
3	LASIPO	19,74	3	LDPT	62,81	0,3069
4	LDPT	19,28	4	LCP	74,84	0,2915
5	INFO	15,65	5	Chefia	7,50	0,2299
6	PROALI	14,61	6	INFO	72,19	0,2168
7	LABMAT	14,15	7	LABORE I	54,31	0,1950
8	ENGEBIO	12,99	8	SIMPRO	23,38	0,1754
9	LABORE I	10,59	9	LABMASS	27,91	0,1746
10	GESC	9,57	10	LABEQ	40,00	0,1745
11	Secret EQ	7,84	11	ENGEBIO	77,00	0,1687
12	LABORE II	7,57	12	LABSIN	25,44	0,1519
13	LABEQ	6,98	13	LABMAT	97,01	0,1459
14	Auditório	6,09	14	PROALI	102,31	0,1428
15	LABMASS	4,87	15	GESC	70,81	0,1351
16	LABSEM	4,38	16	Coord. Est	30,36	0,1324
17	SIMPRO	4,10	17	Coord. PG	30,36	0,1284
18	Coord. Est	4,02	18	LABORE II	62,38	0,1214
19	Coord. PG	3,90	19	Secret EQ	65,88	0,1191
20	LABSIN	3,86	20	Profess.	13,08	0,1032
21	Circulaç	2,51	21	LABSEM	45,63	0,0960
22	Chefia	1,72	22	Auditório	69,06	0,0882
23	Banheiros	1,57	23	Copa	12,75	0,0882
24	Oficina	1,43	24	Oficina	19,59	0,0729
25	Profess.	1,35	25	Salas aula	22,97	0,0564
26	Salas aula	1,30	26	CONAQ. J	12,14	0,0417
27	Copa	1,12	27	Banheiros	57,00	0,0276
28	Almoxarifa	0,92	28	Almoxarifa	41,56	0,0221
29	Copa, circ	0,82	29	Sala téc	14,25	0,0217
30	CONAQ. J	0,51	30	Sala est I	10,06	0,0205
31	Sala est II	0,41	31	Sala est II	20,13	0,0205
32	Banheiros	0,41	32	Copa, circ	40,31	0,0203
33	Reologia	0,41	33	Sala est II	10,50	0,0196
34	Sala téc	0,31	34	Reologia	24,53	0,0168
35	Circulaç	0,27	35	Banheiros	27,91	0,0148
36	Sala est I	0,21	36	Circulaç	19,13	0,0139
37	Sala est II	0,21	37	Circulaç	7,97	0,0129
38	Banheiros	0,20	38	Circulaç	213,25	0,0118
39	Circulaç	0,16	39	Banheiros	21,25	0,0094
40	Circulaç	0,10	40	Circulaç	17,58	0,0092

Os locais com maior potência instalada são, por ordem: O LCP com 22 kW, LABOPE e LAFETE e LASIPO com 20 kW, LDPT com 19 kW, INFO com 16 kW, e PROALI com 15 kW.

Levando em conta as áreas, o LASIPO ocupa o primeiro lugar com 0,38 kW/m<sup>2</sup>, seguido por LABOPE e LAFETE com 0,32 kW/m<sup>2</sup>, LDPT com 0,31 kW/m<sup>2</sup>, LCP com 0,29 kW/m<sup>2</sup>, e a chefia com 0,23 kW/m<sup>2</sup>.

A Tabela 34 apresenta a participação dos diferentes usos finais no consumo total de energia elétrica.

**Tabela 34. Participação dos usos finais no consumo total de energia**

Uso final	Consumo [kWh/mês]	[%]
Iluminação	5827,13	22,70
Ar condicionado	5202,85	20,26
Equipamentos de computação	6840,24	26,64
Equipamentos de laboratório	7804,88	30,4
Totais	25675,10	100

Da Tabela 34 pode-se observar que o uso final que tem maior consumo de energia vem dos equipamentos de laboratório, enquanto o ar condicionado é o uso final menos significativo nas contas de energia.

#### 4.9 ANÁLISE TARIFÁRIA

Inicialmente devem ser interpretadas as contas de energia. A Figura 14 apresenta um modelo da nota fiscal emitida pela Celesc para o faturamento do consumo de energia e demanda de potência.

Celesc		NOTA FISCAL	
Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A CGC 83878892/0001-55 INSC. EST. 230166321 Rodovia SC - 404 Km 3, Itacorubi 88034-900 - Florianópolis - SC		Conta de energia elétrica <b>A</b>	
NOME/ENDEREÇO UFSC DEP DE ENGENHARIA QUIMICA 8389526/0001-82 R JOAO PIO DUARTE SILVA 88000000 FLORIANOPOLIS		DATA DO VENCIMENTO 17   07   97	
CONTA 1218741   09   LOCALIDADE 01101   RZ   LV   FROTA 17   01   185000		LEITURA   APRESENTAÇÃO 25   06   02   07	
CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO CONSUMIDOR 0501054		OCORR.	
Nº DO MEDIDOR 1218741		CONSUMO	
LEIT. ANT. 1774		LEIT. ATUAL 2121	
FAT. MALT. 30		CONSUMO 10670	
Nº DO MEDIDOR 1260317		CONSUMO	
LEIT. ANT. 3834		LEIT. ATUAL 3957	
FAT. MALT. 120		CONSUMO 15129	
PERDAS 2,5		DEMANDA DE POTÊNCIA - kW	
LEITURA 0340		MÉDIA 103	
BETA MAIOR 94		CONTRATADA 103	
FATURADA 103		FATURAMENTO 06   97	
IND.   AGENCIA/BANCO 2   0111608		FATOR POT. (%)   Nº DIAS 97,30   30	
CONTA BANCARIA		CENTAVOS ANTES   DEPOIS	
DESCRIÇÃO ITENS FATURADOS			
ITENS		VALORES	
CONSUMO		1.267,62	
DEMANDA		590,53	
ACRESCIMO LEGAL (*)		32,96	
TAXA SERV. ILLUM. PUB.		411,32	
(*) MÊS: 04/97			
TOTAL A PAGAR → R\$ 2.302,43			
BASE CÁLCULO ICMS 1.858,15		ALÍQUOTA ICMS 25	
ICMS INCLUIDO NO PREÇO 464,54			
MENSAGENS A ELETREDADE É UM PRODUTO DE MINÚSCULO PERÍODO			

**Figura 14. Nota fiscal da Celesc**

Na primeira linha da nota fiscal observa-se o nome e endereço do consumidor, a data de vencimento para o pagamento da conta e a data da leitura.

Na segunda linha encontra-se a informação referente à conta e dados codificados do consumidor segundo o padrão da Celesc. Nesta linha, os últimos dois dígitos do “código de serviço” indicam o tipo de tarifa e o subgrupo no qual o consumidor está inserido, ou seja, como penúltimo dígito tem um valor de “5” entende-se que o departamento de engenharia química está inserido na tarifa convencional (6 para tarifa horo-sazonal azul, e 8 para tarifa horo-sazonal verde). O último dígito, com valor igual a “4”, indica que a universidade pertence ao grupo A4, que corresponde a um nível de tensão de suprimento de 2,3 kV a 25 kV.

Na terceira linha temos os dados do consumo de energia reativa, que para efeito de pagamento não tem maior importância. Estes dados são basicamente informativos. O valor deste consumo é calculado como a leitura atual menos a leitura anterior, vezes o fator multiplicativo devido à relação de transformação do transformador de corrente. A este resultado deve ser adicionada a porcentagem de perdas de transformação que aparece duas linhas adiante. Para a conta da Figura 14 temos:

$$Qh = (2121 - 1774) \cdot 30 \cdot 1.025 = 10670,25 \text{ } Qh$$

Na quarta linha aparecem os dados correspondentes ao consumo de energia ativa. O cálculo do consumo é feito do mesmo modo que para a energia reativa, só que o fator multiplicativo neste caso é 120 devido à constante própria do medidor que é de 4 neste caso. Assim o valor do consumo de energia é:

$$kWh = (3957 - 3834) \cdot 120 \cdot 1.025 = 15129 \text{ } kWh$$

A quinta linha contém a informação referente à demanda de potência. Na realidade, a universidade não tem um contrato de demanda de potência para o departamento de engenharia química, pelo qual a demanda faturada é o maior valor entre a demanda registrada e 85% da maior demanda

verificada em qualquer dos 11 meses anteriores, e não como foi explicado no item 3.1.2 do capítulo da Metodologia de trabalho.

A sexta linha, que é a última linha da primeira parte da nota fiscal, apresenta o valor do fator de potência e o número de dias faturados. O mínimo fator de potência aceito é 0,92.

Como foi visto, a primeira parte apresenta os dados correspondentes à informação energética, enquanto a segunda parte apresenta a informação discriminada do custo do consumo de energia, demanda de potência e outras taxas, como explica-se a seguir.

É preciso começar descrevendo a penúltima linha da segunda parte da conta para facilitar a compreensão dos preços dos valores faturados. Nesta linha observa-se o imposto cobrado pelo estado sobre circulação de mercadorias e serviços, ICMS. Este imposto só é aplicado ao preço pago pela demanda de potência e o consumo de energia, seja ativa ou reativa, e corresponde a 33,33% do valor bruto, como se verá a seguir.

Antes de fazer o cálculo dos preços apresentados na Figura 14, serão indicadas, na Tabela 35, as tarifas atuais da Celesc. Estas mesmas tarifas são aplicadas à universidade já que ela não tem subsídio no consumo de energia devido a ser um órgão público federal e, na atualidade, só é dado subsídio aos órgãos estaduais.

**Tabela 35. Custo do consumo e demanda para a tarifa convencional**

Subgrupo	Demanda [R\$/kW]	Consumo [R\$/MWh]
A2 (88 kV a 138 kV)	11,08	27,86
A3 (69 kV)	11,94	30,03
A3a (30 kV a 44 kV)	4,14	60,61
A4 (2,3 kV a 25 kV)	4,30	62,84
AS (Subterrâneo)	6,34	65,76

Agora é possível calcular os valores a serem pagos, indicados na nota fiscal:

$$\text{Consumo: } R\$ = 15129 \text{ kWh} \cdot 62,84 \text{ R\$/MWh} \cdot \frac{1 \text{ MW}}{1000 \text{ kW}} \cdot 1,33333 = 1267,61 \text{ R\$}$$

$$\text{Demanda: } R\$ = 103kW \cdot 4,3 R\$/kW \cdot 1,33333 = 590,53 R\$$$

O acréscimo legal é uma taxa que deve ser paga por atraso em pagamentos anteriores, a qual é aplicada ao valor total da fatura. Neste caso específico, no faturamento de junho foi cobrado o atraso no pagamento do abril, e a taxa para aquele período foi 1,93% enquanto o valor da fatura de abril foi R\$ 1.708,00, o que dá um valor de R\$ 32,96 por acréscimo legal.

A taxa por serviço de iluminação pública depende do consumo de energia e do tipo de consumidor. Para o caso da universidade, seu consumo de energia enquadra-se dentro da faixa dos 10.000 kWh à 50.000 kWh, pelo qual a taxa é constante e com um valor de 411,32 reais.

No caso do fator de potência ser menor do que 0,92 seria cobrado um faturamento reativo excedente, o qual seria calculado utilizando o preço faturado para a demanda de potência e o consumo de energia. Supondo um fator de potência de 0,89 o cálculo seria feito da seguinte forma:

$$\text{Fatur. reativo exced. : } R\$ = \left( \frac{0,92}{0,89} - 1 \right) \cdot (1267,61 R\$ + 590,53 R\$) = 62,63 R\$$$

É importante salientar que na conta de energia elétrica aparece como alíquota do ICMS o valor de 25%. Na realidade esses 25% correspondem ao ICMS aplicado ao preço líquido a pagar pelo consumo de energia e demanda de potência, como se mostra:

$$\text{Consumo sem ICMS: } R\$ = 15129kWh \cdot 62,84 R\$/MWh \cdot \frac{1MW}{1000 kW} = 950,71 R\$$$

$$\text{Demanda sem ICMS: } R\$ = 103kW \cdot 4,3 R\$/kW = 442,9 R\$$$

$$\text{Consumo mais demanda sem ICMS: } R\$ = 950,71 R\$ + 442,9 R\$ = 1393,61 R\$$$

$$\text{Consumo mais demanda com ICMS: } R\$ = 1267,61 R\$ + 590,53 R\$ = 1858,15 R\$$$

A diferença entre o preço do consumo de energia mais a demanda de potência, com e sem ICMS, é 464,53 reais, ou 33,33% do valor sem ICMS e 25% do valor com ICMS. Assim, embora seja de 25% a alíquota que aparece na nota fiscal, na realidade a porcentagem aplicada é de 33,33%.

Sabendo agora o que significa cada um dos valores que aparecem nas notas fiscais, a análise é basicamente identificar se a tarifa cobrada é conveniente para o departamento de engenharia química, mas isto será feito no capítulo de estratégias de conservação e análises econômicas.

Cabe adiantar, que considerar no faturamento 85% da maior demanda registrada nos onze meses anteriores não é conveniente para o departamento, visto que nele existem processos que demandam muita potência, às vezes por curtos períodos de tempo, mas não inferiores a 15 minutos.

Por exemplo, neste ano, de acordo com a Tabela 18, a partir de abril está sendo cobrada uma demanda de potência entre 20% e 40% superior à realmente registrada. No mês de setembro foi cobrado o dobro do realmente demandado, ou seja R\$ 287 adicionais em apenas um mês.

#### **4.10 ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO ARQUITETÔNICA**

A eficiência energética em uma construção, sem prejudicar o conforto ambiental, implica analisar as variáveis climáticas, as variáveis humanas e as variáveis arquitetônicas.

##### **4.10.1 Variáveis climáticas**

Dentro das variáveis climáticas é importante comentar que a porcentagem de vidro dos blocos em relação às paredes oscila entre 15% e 20%, mas nos blocos A, B, e C, uma grande porcentagem das janelas é veneziana de madeira, que pode ser aberta só até a metade da janela, o que demonstra que a passagem de calor devida à radiação solar pelas janelas é maior no bloco E, já que no bloco D elas estão protegidas com filme refletivo.

##### **4.10.2 Variáveis humanas**

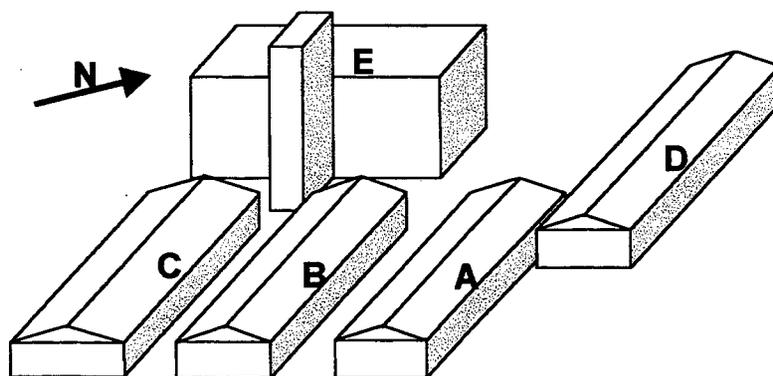
Dentro das variáveis humanas cabe mencionar que o conforto visual do LDPT e o ENGEPIO não está dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT 5413, devido a iluminância insuficiente. Deve-se salientar que

uma iluminação insuficiente pode causar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes.

#### 4.10.3 Variáveis arquitetônicas

Segundo a orientação dos edifícios do departamento de ENQ, para a pior condição do verão em Florianópolis, e segundo a orientação das janelas, os blocos A, B, C e D, recebem maior incidência solar pelo norte às 11 horas e pelo sul às 16 horas. O bloco E, recebe maior influência solar pelo leste às 10 horas e pelo oeste às 11 horas, como é mostrado na Figura 15.

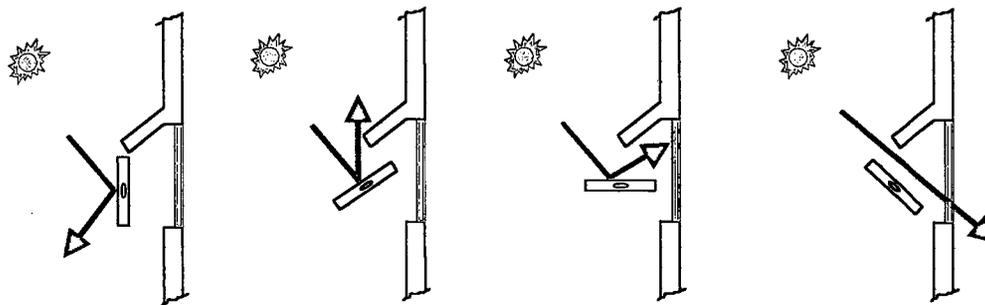
Estes dados também são influenciados pelo tamanho das janelas e pelo tipo de vidro, já que é usado vidro simples que permite 87% de passagem de radiação solar que vai converter-se em calor.



**Figura 15. Distribuição e orientação dos blocos do dpto. de ENQ**

Segundo a Tabela 27, a maior incidência de calor para todos os blocos apresenta-se pelo sul às 16 horas, sendo prejudicados grandemente os blocos A, B, e C; no bloco D o problema é diminuído entre 25% e 50% devido ao filme refletivo das janelas. O bloco E vê-se afetado com maior intensidade no leste às 10 horas.

No departamento de ENQ não foram usadas proteções solares externas nas janelas. Por exemplo, o uso de *brises*, do tipo *light shelf*, constituído de uma parte fixa e outra móvel é uma solução muito eficiente, já que é um sistema versátil que permite sombrear o sol indesejável através da parte fixa, cabendo à parte móvel a função de controlar a entrada de sol, conforme é mostrado na Figura 16.



**Figura 16. Brise móvel**

Outro elemento importante a ser considerado dentro das variáveis arquitetônicas é a cor das superfícies, a qual afeta o conforto térmico. Por exemplo, todos os blocos do departamento tem cores claras no exterior, o que aumenta a reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor pelos fechamentos opacos. No interior as cores são claras também, o que reflete mais luz, sendo aproveitado em conjunto com os sistemas de iluminação natural ou artificial.

## 5. ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E ANÁLISES ECONÔMICAS

Neste capítulo pretende-se estabelecer algumas estratégias, tanto do ponto de vista da estrutura tarifária da universidade quanto das tecnologias de uso final, para alcançar economias no consumo de energia e na demanda de potência. As diferentes estratégias são avaliadas com indicadores de rentabilidade e, caso resultarem benéficas economicamente para a universidade, serão recomendadas no próximo capítulo.

### 5.1 ECO's PARA O GRUPO TARIFÁRIO

#### 5.1.1 ECO 1. Mudança da estrutura tarifária

Segundo o anexo 4, o grupo a que pertence um consumidor é determinado pela tensão de alimentação. Como a universidade é alimentada em 13,8 kV, ela pertence ao grupo A, subgrupo A4 (de 2,3 kV a 25 kV). Este grupo admite tanto a tarifa convencional como a tarifa horo-sazonal.

De acordo com as curvas de carga registradas pelo analisador de redes, foi feito o cálculo do pagamento para a tarifa convencional, a tarifa horo-sazonal azul e a tarifa horo-sazonal verde. Os resultados são apresentados na Tabela 36.

**Tabela 36. Diferença no pagamento para a situação atual [R\$]**

MÊS	CONCEITO	TARIFA		
		Convencional	Horo-sazonal azul	Horo-sazonal verde
Julho	Demanda de potência	688	1561	805
	Consumo de energia	1092	557	1201
	Total	1780	2118	2006
Setembro	Demanda de potência	688	1561	805
	Consumo de energia	1103	577	1322
	Total	1791	2138	2127
Outubro	Demanda de potência	688	1561	805
	Consumo de energia	1309	596	1351
	Total	1997	2157	2156

Como pode-se observar na Tabela 36, a tarifa atual da universidade, ou seja, a tarifa convencional, é a mais adequada do ponto de vista econômico, supondo para as tarifas horo-sazonais 50 kW de demanda contratada para o horário de ponta e 100 kW para o horário fora de ponta. Por outro lado, com o objetivo de procurar uma redução no pagamento das contas de energia, foram feitas duas hipóteses exploratórias, tal como se indica a seguir.

A primeira hipótese consiste em assumir que as atividades no departamento finalizariam às 17 h todos os dias, devido a que o horário de ponta da concessionária é das 17 h às 22 h como foi dito na introdução. Refazendo os cálculos do pagamento para esta hipótese obtêm-se os dados apresentados na Tabela 37.

**Tabela 37. Diferença no pagamento com término de trabalho às 17 h [R\$]**

MÊS	CONCEITO	TARIFA		
		Convencional	Horo-sazonal azul	Horo-sazonal verde
Julho	Demanda de potência	688	1032	805
	Consumo de energia	1092	532	1009
	Total	1780	<b>1564</b>	1814
Setembro	Demanda de potência	688	1032	805
	Consumo de energia	1103	534	991
	Total	1791	<b>1566</b>	1796
Outubro	Demanda de potência	688	1168	805
	Consumo de energia	1309	578	1207
	Total	1997	<b>1746</b>	2012

Desta vez, para uma demanda de ponta contratada de 15 kW, é mais econômico para a universidade estar inserida na tarifa horo-sazonal azul. O ganho mensal no pagamento, segundo a Tabela 37, seria em média R\$ 231.

A segunda hipótese consiste em assumir que as atividades no departamento finalizariam às 19 h todos os dias. Neste caso, a população não modificaria suas atividades normais, mas no contrato com a concessionária deveria ser estipulado que o horário de ponta corresponderia ao intervalo ocorrido entre as 19 h e as 22 h. Refazendo os cálculos do pagamento para esta hipótese obtêm-se os dados apresentados na Tabela 38.

**Tabela 38. Diferença no pagamento com término de trabalho às 19 h [R\$]**

MÊS	CONCEITO	TARIFA		
		Convencional	Horo-sazonal azul	Horo-sazonal verde
Julho	Demanda de potência	688	1032	805
	Consumo de energia	1092	501	767
	Total	1780	<b>1533</b>	1572
Setembro	Demanda de potência	688	1032	805
	Consumo de energia	1103	506	774
	Total	1791	<b>1538</b>	1579
Outubro	Demanda de potência	688	1168	805
	Consumo de energia	1309	541	906
	Total	1997	<b>1709</b>	1711

Nesta segunda hipótese, a tarifa horo-sazonal azul continua sendo a mais econômica para o departamento, com um ganho médio no pagamento de R\$ 263 mensais.

Mas cabe mencionar que a Celesc só assina contratos para demanda mínima contratada de 50 kW, invalidando as duas hipóteses anteriores. Se a demanda contratada for o mínimo valor aceito pela Celesc, a tarifa mais econômica para o departamento de química continuaria sendo a tarifa convencional. Adicionalmente, os contratos só podem ser modificados um ano depois de serem assinados; por esta razão é muito importante ser fazer uma boa seleção da tarifa

### 5.1.2 ECO 2. Mudança no registro de energia

O local de instalação de um medidor da Celesc é definido principalmente pela potência do transformador, ou seja, indiretamente depende da potência instalada do consumidor. Se o transformador tem uma potência máxima de 300 kVA, o registro da Celesc é feito em baixa tensão já que só precisa da instalação de transformadores de corrente, dado que a tensão oscila entre 225 V e 380 V.

Para a medida em alta tensão, a concessionária precisa instalar tanto transformadores de corrente como de tensão, pois a entrada de tensão em alta é de 13,8 kV. Assim, a tensão de alimentação do local deve ser medida usando um transformador de tensão.

Por outro lado, a tarifa para o faturamento do consumo de energia e demanda de potência é igual, tanto para o registro em alta tensão quanto para o registro em baixa tensão.

O anterior implica que fazer os registros em alta tensão é mais caro tanto para a concessionária como para o consumidor, visto que este último tem que assumir alguns gastos com a construção civil e com os equipamentos da subestação ao fazer a mudança do ponto de medida. Em outras palavras, mudar o ponto de medida implica fazer investimentos que não são recuperados com uma tarifa menor, dado que não existe uma tarifa menor.

Segundo funcionários da Celesc, a medida em alta tensão acarreta complicações desnecessárias enquanto o registro puder ser feito em baixa tensão. Esta afirmação é válida do ponto de vista da construção civil, de trabalhos elétricos, e do ponto de vista econômico.

### 5.1.3 ECO 3. Potencial de redução da demanda de potência

O potencial de redução da demanda de potência foi calculado a partir de maio de 1997, dado que a tarifa atual mantém-se constante desde aquele mês. Os resultados são apresentados na Tabela 39.

**Tabela 39. Potencial de redução de demanda de potência**

Ano	Mês	Grupo	Demanda medida [kW]	Consumo mensal [kWh]	Fator de carga	Nova demanda [kW]	Potencial de redução	
							[kW]	[\$R]
97	M	G-2	74	10.824	0,20	61	13	76,68
	J		103	15.129	0,20	88	15	88,51
	J	G-3	95	15.867	0,24	95	0	0,00
	A		111	15.621	0,18	85	26	150,45
	S	G-4	98	14.268	0,20	83	15	88,41
	O		108	11.685	0,15	68	40	231,46
	N		97	13.530	0,19	76	21	121,65
	D		74	5.412	0,11	32	42	238,49
98	M	G-1	128	15.744	0,18	73	55	315,50
	A	G-2	119	15.990	0,17	67	52	297,20
	M		98	12.300	0,18	57	41	235,02
	J	G-3	86	12.546	0,20	56	30	170,80
	J		89	13.038	0,21	60	29	163,81
	A		85	14.760	0,23	62	23	131,89
	S		59	13.161	0,31	59	0	0,00
	O	G-4	84	15.621	0,24	66	18	105,42

Segundo a Tabela 39, se desde maio de 1997 a demanda média de potência tivesse um valor menos distante da demanda máxima de potência, o departamento teria evitado um pagamento de R\$ 2.416.

Em resumo, o potencial de redução da demanda de potência médio é 30 kW mensais, o que corresponde a uma economia média mensal de R\$ 173.

O anterior significa que o departamento tem alcançado fatores de carga que permitem uma grande economia energética mensal, mas para isto tornar-se uma realidade é preciso implementar um programa de gerenciamento de carga<sup>43</sup> no departamento de engenharia química, especialmente nos períodos em que a caldeira elétrica é usada.

## 5.2 ECO's PARA O GRUPO DE USOS FINAIS

### 5.2.1 ECO 4. Troca de lâmpadas e reatores

Para a troca de lâmpadas e reatores existem várias alternativas. A primeira alternativa analisada é trocar todas as lâmpadas de 40 W por lâmpadas de 32 W e seus correspondentes reatores por reatores eletrônicos.

Para esta alternativa, ter-se-ia um potencial de energia economizada anualmente de 7.884 kWh, que se traduzem em R\$ 661, mas o retorno do investimento nunca seria menor de dois anos, ainda supondo simultaneamente uma redução de 30% nos preços das lâmpadas e reatores e um aumento na tarifa de 20%.

---

<sup>43</sup> Um programa de gerenciamento de carga procura alterar a forma da curva de carga mediante quatro processos: corte da ponta, enchimento dos vales, deslocamento da carga e curva de carga flexível. (Para maior informação consultar a referência: BORENSTEIN, Carlos Raul; CAMARGO, C. Celso de Brasil. *O setor elétrico no Brasil : Dos desafios do passado às alternativas do futuro*. Porto Alegre: Sagra Luzzatto ed., 1997).

Uma segunda alternativa consiste em trocar as lâmpadas de 65 W por lâmpadas de 32 W, com seus respectivos componentes como reatores e luminárias. Mas esta alternativa só pode ser considerada nos locais em que o nível de iluminação exigido pela norma brasileira seja 40% superior, devido a que os lúmens das lâmpadas de 32 W correspondem a 60% dos lúmens das lâmpadas de 65 W.

Os locais com 40% de iluminância superior, com respeito aos valores da norma brasileira, pertencem ao bloco E. Eles são a coordenadoria de estágios, a coordenadoria de pós-graduação, a secretaria do ENQ, o auditório, as salas de aula e as salas dos professores, totalizando 182 lâmpadas de 65 W.

Considerando a troca imediata destas 182 lâmpadas de 65 W com seus acessórios, consegue-se um retorno do investimento em um período máximo de 19 meses. Neste caso, embora o benefício anual líquido do consumidor seja tão só R\$ 525, o potencial de energia economizada ascende a 14.640 kWh anuais, que em termos econômicos seriam R\$ 1.227 ao ano.

A terceira e última alternativa consiste em trocar as lâmpadas, tanto de 40 W como de 65 W com as condições mencionadas na alternativa anterior. Com esta alternativa, o potencial de energia economizada anualmente seria 22.524 kWh, que se traduzem em R\$ 1.887, mas conseguir-se-ia um retorno do investimento de dois anos se houvesse, simultaneamente, uma redução de 5% nos preços dos elementos de iluminação e um aumento de 10% na tarifa. Os preços utilizados para efetuar todos os cálculos, já têm uma redução aprovada pela loja sobre o preço normal.

Mas, sem a necessidade de fazer suposições nas tarifas da concessionária ou nos preços oferecidos pelas lojas para os equipamentos de iluminação, garante-se um retorno do investimento de 21 meses se forem trocadas as lâmpadas de 40 W, e as de 65 W nos locais onde a iluminância é superior à exigida pela norma brasileira, por lâmpadas de 32 W, somente quando as lâmpadas existentes precisem ser trocadas devido a queima ou mau funcionamento. Assim, o benefício anual líquido do consumidor seria R\$ 600.

### 5.2.2 ECO 5. Substituição da caldeira

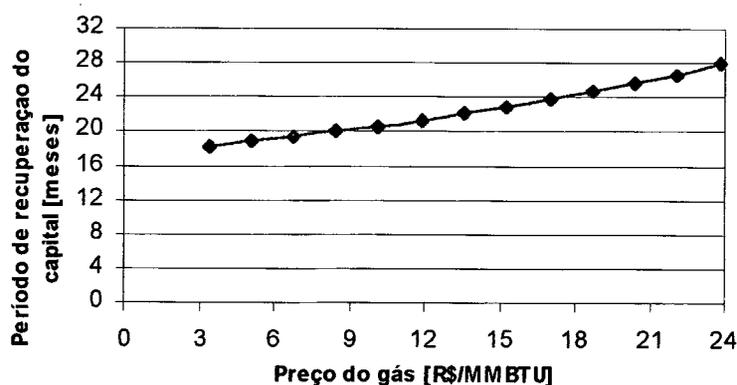
Como foi dito anteriormente, a caldeira existente no departamento é uma caldeira elétrica cuja potência oscila entre 45 kW e 90 kW, e seu consumo de energia, quando é usada, é aproximadamente 471 kWh/(dia de uso).

Esta estratégia de conservação de energia considera substituir a caldeira elétrica por uma caldeira a gás, mas com as mesmas características, ou seja, conservando a capacidade de produzir 100 kg de vapor por hora na pressão de até 7 kgf/cm<sup>2</sup>. A compra desta caldeira implicaria um investimento aproximado de R\$ 11.800 mais as obras civis que não superariam os R\$ 2.000, mas o potencial de energia economizado anualmente seria 45.226 kWh.

Por outro lado, o benefício anual líquido para a universidade seria R\$ 7.600 com a substituição da caldeira, considerando que sua vida útil seja 15 anos. O período de recuperação do capital investido, SPP [mês], embora depende do valor do gás [R\$/MMBTU], quase sempre é menor de dois anos como mostra-se na Tabela 40 e na Figura 17.

**Tabela 40. Variação da recuperação do capital com o preço do gás**

Preço gas	3,40	5,10	6,80	8,50	10,20	11,90	13,60	15,30	17,00	18,70	20,40	22,10	23,80
SPP	18,26	18,81	19,38	19,99	20,64	21,34	22,08	22,88	23,74	24,66	25,66	26,74	27,92

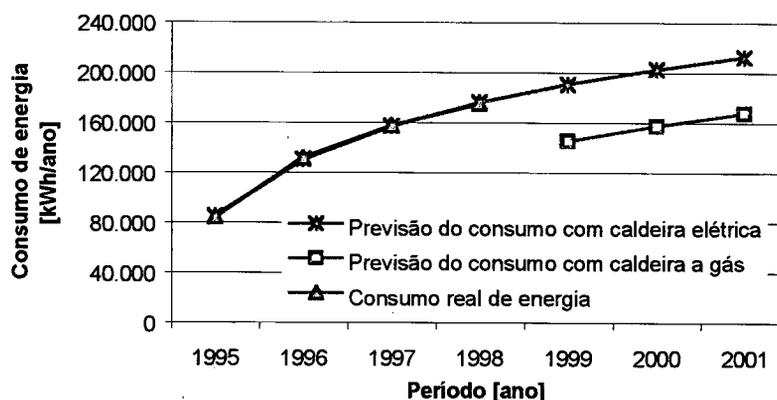


**Figura 17. Variação do SPP com o preço do gás**

No capítulo 4 foi comentada a dificuldade existente para prever o consumo mensal de energia devido à falta de tendência da curva de consumo do departamento. Por outro lado, é possível prever o consumo de energia anual para os próximos três anos com os dados dos últimos quatro anos. A Tabela 41 e a Figura 18 apresentam esta previsão.

**Tabela 41. Previsão do consumo anual de energia [kWh/ano]**

Ano	Consumo real	Consumo caldeira elétrica	Consumo caldeira a gás
1995	84132	84819	-
1996	131487	130321	-
1997	157440	156937	-
1998	174841	175822	-
1999	-	190471	145245
2000	-	202439	157213
2001	-	212558	167332



**Figura 18. Previsão do consumo anual de energia**

Se for implementada a troca da caldeira elétrica por uma caldeira a gás, o potencial de economia no consumo de energia anual será alto, mas anualmente existiria também um potencial de economia na demanda de potência com um valor de 1000 kW, que corresponde a R\$ 5.733.

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Neste capítulo pretende-se expor resumidamente os resultados obtidos no diagnóstico energético, recomendando algumas mudanças e cuidados adequados para o bom funcionamento dos aparelhos elétricos de modo a obter uma economia energética com benefícios para a universidade.

### **6.1 CONCLUSÕES**

#### **6.1.1 Conclusões Gerais**

Atualmente, o tema da conservação de energia tem ganhado importância, devido aos problemas financeiros, sociais e ambientais, originados pela construção de grandes obras de geração de energia elétrica.

Em geral, as políticas de conservação de energia apresentam bons resultados, do ponto de vista econômico, para todas as instituições que decidem aplicá-las, e tanto do ponto de vista econômico quanto energético, para o país.

Os casos bem sucedidos, apresentados na introdução, são uma amostra do potencial de conservação de energia existente nos diferentes setores, seja industrial, comercial e até mesmo residencial, com seus benefícios econômicos, ao implantar as recomendações derivadas de diagnósticos energéticos. Os centros educativos, por exemplo, especialmente as universidades, são prédios caracterizados por um grande consumo de energia.

A melhor forma de efetuar um diagnóstico energético, é orientar o estudo à análise dos diferentes usos finais das instalações em que pretende-se economizar a energia, sem esquecer as melhorias que possam ser feitas na parte arquitetônica e as economias obtidas com relação ao consumo de água.

A metodologia proposta por Romero<sup>44</sup>, que foi a utilizada para realizar este estudo, é ótima para efetuar diagnósticos energéticos em universidades, embora ela precise de modificações impostas por cada centro educativo em particular. A principal modificação neste estudo foi aplicada na formulação das análises econômicas, devido a que os gastos evitados por demanda de potência não foram incluídos na metodologia original. Assim, o período para o retorno do investimento do capital para as estratégias de conservação analisadas não foi atrativo inicialmente, mas com a inclusão da economia por demanda de potência os resultados melhoraram.

Estabelecer os objetivos e traçar um cronograma é muito útil para efetuar diagnósticos energéticos, dado que os estudos de conservação de energia são programas multidisciplinares, que abrangem muitas áreas e um trabalho desta natureza poderia demorar vários anos no caso de não ter sido definido o alcance do diagnóstico.

O cumprimento do cronograma pode ser afetado por algumas dificuldades que se apresentam durante a execução das atividades. Neste caso as dificuldades foram as seguintes:

- Não existe muito material bibliográfico, em nosso meio, relacionado com a conservação de energia, exceto por artigos de casos bem sucedidos que se encontram em algumas bibliotecas.
- A universidade só possui nove locais com registros de energia desagregados por parte da Celesc, dos quais só três se tornaram atrativos para fazer o estudo do caso.
- O Departamento de Engenharia Química não têm projetos elétricos das instalações, nem dos ramais de entrada para cada bloco.

---

<sup>44</sup> Romero, M. A., *Método de avaliação do potencial de conservação de energia em campi universitários*: O caso da cidade universitária Armando Salles de Oliveira. São Paulo, FAUUSP, 1994. Tese de doutorado - USP.

- Foi complicado dispor dos diversos equipamentos de medida para fazer o diagnóstico energético, devido a que alguns são muito caros, como o analisador de redes, ou não são muito usuais, como o luxímetro. Estes equipamentos normalmente não estão disponíveis para os estudantes da universidade, e teve-se que contornar estas dificuldades no presente trabalho.
- Nem todo o pessoal do Departamento de Engenharia Química tinha disponibilidade para o preenchimento do questionário, o que implicou em atrasos importantes na execução do trabalho. Além disto, nem sempre tinham certeza dos dados fornecidos, especialmente na frequência de uso dos equipamentos, o que causou imprecisões nos cálculos dos consumos de energia.

### 6.1.2 Conclusões derivadas do diagnóstico energético

- a. Não é possível prever o consumo mensal de energia do Departamento de Engenharia Química, devido a que seu comportamento é completamente variável durante o ano, dadas as atividades realizadas nos laboratórios. Mas o consumo anual de energia seria 190 MWh, 202 MWh e 212 MWh até o ano 2001, se o departamento continuar com a mesma tendência e não forem aplicadas estratégias de conservação de energia.
- b. Das análises foi concluído que o aumento no consumo de energia no departamento, para estes últimos quatro anos, explica-se pela aquisição de novos equipamentos de laboratório, aparelhos de ar condicionado e equipamentos de computação, e não por aumento da população ou aumento na construção arquitetônica.
- c. O consumo de energia mensal nos diferentes setores da universidade, tais como engenharia, saúde, administração e outros, tem basicamente o mesmo valor durante o ano, oscilando entre 3 e 7 kWh/mês.m<sup>2</sup>.

- d. O consumo de energia faturado pela Celesc é similar ao consumo de energia calculado a partir dos dados do registrador, com uma diferença não superior a 6%. Difere, porém, da estimativa do consumo efetuada a partir dos questionários, o que explica-se pela imprecisão nos regimes de utilização dos aparelhos elétricos e porque os cálculos foram feitos com os dados de consumo máximo de cada aparelho. Neste último caso, existe uma diferença de 20%.
- e. Quanto a demanda de potência, seu comportamento semanal é similar durante todos os meses, segundo os registros efetuados com o analisador de redes. Apresentam-se picos de demanda de potência nos dias que é ligada a caldeira elétrica, e seu valor oscila entre 45 kW e 90 kW, dependendo das trocas de pressão necessárias para a prática de laboratório.
- f. O fator de potência do departamento encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela Celesc, ou seja, seu valor é superior a 0,92 desde meados do ano de 1995.
- g. O fator de carga apresenta valores muito baixos, mostrando que a demanda média de potência é bem diferente da demanda máxima de potência, ocasionando pagamentos desnecessários nas contas de energia que poderiam ser evitados com um gerenciamento de carga, especialmente quando é preciso usar a caldeira elétrica.
- h. Dos questionários pode-se concluir que:
- 70% do total das lâmpadas existentes são desligadas quando os locais não estão sendo ocupados, e em 19% dos locais não é desligada a iluminação nas horas de almoço. O LDPT e o ENGEPIO não tem os níveis de iluminância exigidos pela norma brasileira ABNT 5413, embora as lâmpadas estejam todas em perfeitas condições.
  - 70% dos aparelhos de ar condicionado do departamento permanecem ligados no mínimo oito horas diárias durante o verão. 53% do total de aparelhos de ar condicionado encontram-se em estado

ruim ou regular. Em geral, do total de professores e funcionários, só 1% têm o hábito de limpar o filtro e fazer manutenção preventiva no aparelho de ar condicionado.

- 27% dos aparelhos de ar condicionado (10 aparelhos) estão subdimensionados, o que implica um desperdício no consumo de energia; três desses aparelhos, localizados no LABORE I, LABSIN e auditório, estão em mau estado e pode-se aproveitar para substituí-los por aparelhos com dimensionamento adequado. 33% estão superdimensionados e 41% têm dimensionamento adequado, segundo a metodologia utilizada.
- 40% (29 aparelhos) da totalidade dos computadores são usados no máximo 20% do tempo que permanecem ligados. 44% (34 aparelhos) dos aparelhos são ligados 24 horas por dia, mas só cinco correspondem a estações de trabalho.
- A frequência de utilização dos equipamentos de laboratório é muito variável, mas o importante é que estes equipamentos só são ligados quando é realmente necessário e a sua percentagem de utilização é 100%.
- O maior consumidor de energia por área, por conceito de iluminação é o LABORE I, por conceito de resfriamento de espaços é o INFO, por conceito de computadores é o SIMPRO, e por conceito de equipamentos de laboratório é o LASIPO.
- O maior consumidor de energia por andar, por conceito de iluminação é o bloco D, por conceito de resfriamento de espaços é o bloco E, por conceito de computadores é o bloco E, e por conceito de equipamentos de laboratório é o bloco C.
- Seja em kWh/mês ou em kWh/mês.m<sup>2</sup>, o local com maior consumo total de energia é o INFO, e o bloco com maior consumo total de energia por andar, é o bloco C.

- A participação dos usos finais no consumo de energia são, por ordem, os equipamentos de laboratório com 30%, os equipamentos de computação com 27%, a iluminação com 23%, e o ar condicionado com 20%.
- i. Quanto ao faturamento, o Departamento de Engenharia Química está inserido na tarifa convencional e pertence ao subgrupo A4, que corresponde a um nível de suprimento de 2,3 kV a 25 kV. A tarifa de faturamento é a mesma tarifa cobrada para este tipo de usuários, já que a universidade não tem desconto por ser um órgão público federal e, na atualidade, só tem subsídio os órgãos estaduais.

A filosofia de faturamento da demanda da Celesc, em certas ocasiões, prejudica a universidade, visto que algumas vezes é feito o pagamento do valor realmente demandado e, outras vezes, mais do que a demanda registrada no mês. Isto deve-se a que no departamento existem processos que demandam muita potência, as vezes por curtos períodos de tempo, mas não inferiores a 15 minutos.

- j. Quanto a construção arquitetônica, conclui-se que o bloco que tem maior passagem de calor pelas janelas, devida a radiação solar, é o bloco E. O bloco D tem filme refletivo e os blocos A, B e C possuem veneziana de madeira que as protege diminuindo a entrada de calor.

Segundo a orientação dos edifícios e das janelas, os blocos A, B, C e D recebem maior incidência solar pelo norte às 11 horas e pelo sul às 16 horas. O bloco E recebe maior incidência solar pelo leste às 10 horas e pelo oeste às 11 horas.

As cores brancas usadas no departamento reduzem os ganhos de calor pelos fechamentos opacos, e refletem mais luz no interior melhorando o sistema de iluminação natural e artificial.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

### 6.2.1 Recomendações gerais

- a. Para fazer o controle do consumo de energia elétrica nos diferentes departamentos da universidade, é muito importante dispor de medida desagregada do consumo de energia. Neste sentido, recomenda-se evitar que a medição individual no Departamento de Engenharia Química seja eliminada, dado a que a Celesc tem programado, para dezembro deste ano, unificar a medição do departamento com outros setores da universidade.
- b. No caso da construção de novos edifícios, procurar um bom projeto coordenando a parte arquitetônica com a parte elétrica, considerando a forma arquitetônica, a função da instalação, o material dos fechamentos, a orientação e tamanho do edifício e fechamentos, o uso de proteções solares internas ou externas às janelas, o uso de um sistema de controle da luz elétrica (sensores de ocupação, controle fotoelétrico, programação do tempo de iluminação artificial), e o uso de um sistema de resfriamento artificial centralizado.
- c. Elaborar ou atualizar os projetos elétricos das instalações do Departamento de Engenharia Química, assim como redistribuir, onde for possível, os fios e a carga por fase.
- d. Para evitar o sobreaquecimento do bloco E, propõe-se aplicar filme refletivo nas janelas, visto que o bloco recebe maior influência solar pelo leste e pelo oeste, exatamente nas direções onde estão localizadas essas janelas.
- e. Como foi mencionado em capítulos anteriores, no consumo de energia também é muito importante o consumo de água, por esta razão recomenda-se efetuar um estudo de conservação de água no departamento.
- f. Realização de campanhas periódicas de conscientização dos funcionários, alunos e professores, quanto a conservação de energia.

## 6.2.2 Recomendações derivadas das ECO's e das conclusões

- a. Trocar imediatamente as lâmpadas de 65 W da coordenadoria de estágios, coordenadoria de pós-graduação, secretaria do ENQ, auditório, salas de aula e salas dos professores, por lâmpadas de 32 W tipo super 84, com seus acessórios. Os valores dos elementos foram obtidos na loja Santa Rita, em Florianópolis, com o preço de R\$ 5,8 para as lâmpadas de 32 W citadas, R\$ 14,45 para o reator que comanda duas lâmpadas de 32 W, e R\$ 4,7 para as luminárias.
- b. Se não for implementada a recomendação do item a, trocar todas as lâmpadas de 40 W e as lâmpadas de 65 W dos locais mencionados no item a, só quando as lâmpadas existentes estejam defeituosas.
- c. Trocar o aparelho de ar condicionado do LABORE I que encontra-se em estado ruim, e os aparelhos do LABSIN e o auditório, já que estão subdimensionados e seu estado é péssimo, ocasionando um consumo de energia superior ao realmente necessário.
- d. Desligar durante a noite os computadores que não precisam continuar consumindo energia. Estes computadores pertencem aos locais indicados na Tabela 42.

**Tabela 42. Computadores com consumo de energia desnecessário**

LOCAL	PC's	OBSERVAÇÃO
LABSEM	1	Não é estação de trabalho
LABORE I	3	Nenhum é estação de trabalho
LABORE II	3	Dos 4 computadores existentes no local, só um é estação de trabalho.
SIMPRO	3	Dos 5 computadores existentes no local, 2 são estações de trabalho.
INFO	5	Nenhum é estação de trabalho
Secretaria	5	Nenhum é estação de trabalho
Sala prof. Haiko H.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Humberto J.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Ana M. J.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Agenr F.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. José A. R.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Nestor R.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Glaucia	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. Jorge L. N.	1	Não é estação de trabalho
Sala prof. João B. L.	1	Não é estação de trabalho

- e. Trocar a caldeira elétrica por uma caldeira a gás, com capacidade de produzir 100 Kg de vapor por hora na pressão de 7 kgf/cm<sup>2</sup>. O preço da caldeira foi orçado na loja Giacomet Termo Metalúrgica Ltda., de Criciúma, por um valor de R\$ 11.860 ou R\$ 11.400.
- f. Implementar um programa de gerenciamento de carga, especialmente nos períodos em que a caldeira precisa ser usada, no caso em que continue sendo utilizada a caldeira elétrica.

A seguir apresentam-se algumas recomendações, de caráter geral, para a conservação de energia nos diferentes usos finais.<sup>45</sup>

### 6.2.3 Iluminação

- a. Ligar a luz elétrica somente onde não existe iluminação natural suficiente para o desenvolvimento das atividades.
- b. Desligar as lâmpadas de salas ou laboratórios desocupados, salvo aquelas que contribuem para a segurança.
- c. Limpar regularmente as paredes, janelas, forros e pisos. Uma superfície limpa reflete melhor a luz de modo que menos iluminação artificial se torna necessária.
- d. Limpar regularmente as luminárias, arandelas e demais aparelhos de iluminação. A sujeira reduz o nível de iluminação.
- e. Pintar de cores claras a parte interna das paredes para melhorar a reflexão na iluminação e, na parte externa, para reduzir os aumentos de temperatura produzidos pela radiação solar.

### 6.2.4 Ar condicionado

- a. Manter as portas e janelas fechadas para não ocorrer no aumento da carga térmica climatizada.

---

<sup>45</sup> CESP. *Programa sinergia de conservação de energia : Tópicos para consolidação da função conservação de energia*. São Paulo: 1994

- b. Ligar o sistema de climatização somente na hora do início do expediente, desligando-o uma hora antes do término de expediente ou sempre que o ambiente estiver desocupado.
- c. No inverno ou nos dias frios, não acionar o ar condicionado, mantendo apenas a ventilação.
- d. Limpar, no mínimo a cada 15 dias, e em ambientes muito poluídos a cada oito dias, o filtro de ar com aspirador-de-pó ou com água morna e sabão neutro. Sacudir e secar bem antes de recolocá-lo no condicionador. Não operar o aparelho sem o filtro de ar.<sup>46</sup>
- e. Regular os termostatos para a temperatura adequada ao conforto térmico, que é 24°C, combinando corretamente (ver manual do aparelho) o botão seletor de operação e o botão de controle de temperatura.<sup>46</sup>
- f. Fazer manutenção preventiva nos trocadores de ar ao menos uma vez por ano. Esta manutenção deve ser feita por um técnico da empresa onde foi comprado o aparelho, que a sua vez deve revisar o isolamento dos dutos de ar e das tubulações de água.<sup>46</sup>

### 6.2.5 Motores

- a. Os motores elétricos devem ser dimensionados de forma a operar na faixa de carregamento acima de 80%. Desta forma atingirão melhores níveis de rendimento e fator de potência.
- b. Desligar os motores quando não estiverem sendo usados. Além de diminuir o consumo, estará aumentando o fator de potência das instalações.
- c. Instalar os motores em um local ventilado. O aumento da temperatura prejudica o rendimento e a sua vida útil, por exemplo, a uma temperatura de 60°C há uma queda de mais de 30% no rendimento dos motores.

---

<sup>46</sup> SPRINGER Carrier S.A.. *Manual de instruções para o condicionador de ar*. Canoas, Rio Grande do Sul: 1996.

### 6.2.6 Caldeiras

- a. Eliminar todos os vazamentos de vapor, pois esses são responsáveis por um grande volume de perdas. Um furo de 8 mm de diâmetro em uma tubulação com pressão de  $7 \text{ kgf/cm}^2$  desperdiça o equivalente a 22,74 toneladas de vapor por ano.
- b. Utilizar sempre que possível o vapor condensado. Para cada  $5^\circ\text{C}$  de aumento de temperatura na água de alimentação da caldeira há uma redução de 1% no consumo de energia.
- c. O controle de temperatura de operação e a manutenção preventiva de purgadores também pode proporcionar significativa economia de energia.

### 6.2.7 Fornos

- a. Manter o isolamento elétrico em boas condições.
- b. Realizar uma boa programação da produção, de forma a não permitir o funcionamento muito abaixo da sua capacidade nominal. É importante também evitar ciclos descontínuos para minimizar as perdas de energia no aquecimento e esfriamento.
- c. O controle automático de temperatura é um fator que contribui para a conservação de energia e deve ser adotado sempre que possível. Nesse caso, o termostato deve ser regulado na temperatura mínima capaz de atender às exigências do processo.
- d. É importante observar o grau de umidade do material a ser processado, antes de entrar no forno. Um nível de umidade alto compromete o bom funcionamento do forno, ocasionando um maior consumo de eletricidade e até comprometendo a vida útil do equipamento.

### 6.2.8 Bombas de água

- a. Eliminar o vazamento de água em torneiras, encanamentos, e vasos sanitários, entre outros.

- b. Fechar a torneira quando estiver ensaboando as mãos, escovando os dentes, ou fazendo outras atividades que não exigem a torneira aberta o tempo todo.
- c. Efetuar o bombeamento durante os períodos da madrugada.
- d. Não usar o vaso sanitário como “lixeira”.
- e. Concientizar aos usuários da racionalização do uso de água.

### **6.2.9 Refrigeração**

- a. Delimitar as áreas dos laboratórios de forma a não permitir que equipamentos “quentes” fiquem perto de equipamentos “frios”.
- b. Não colocar nas câmaras frigoríficas os produtos acondicionados em suas embalagens de transporte.

### **6.2.10 Refrigeradores**

- a. Colocar o refrigerador em um lugar bem ventilado, o mais longe possível dos raios solares.
- b. Fazer degelo sempre que necessário.
- c. Evitar guardar no refrigerador alimentos que ainda estejam quentes.
- d. Abrir a porta do refrigerador somente quando houver necessidade.
- e. Retirar de uma só vez, sempre que possível, todos os produtos de que necessita, evitando deixar a porta aberta por tempo maior do que o necessário.
- f. Regular o termostato na posição mais adequada ao clima da região, conforme especificado no manual.
- g. A borracha de vedação deve estar em bom estado a fim de evitar fuga de ar frio.

### **6.2.11 Recomendações para futuros trabalhos**

- a. Efetuar diagnóstico energético em outros setores da universidade, de modo a detectar peculiaridades no consumo de energia e corrigir eventuais desperdícios.
- b. Procurar identificar hábitos específicos de consumo entre os consumidores dos diferentes centros da Universidade, de modo a balizar as campanhas de conscientização no campus.
- c. Estudar a viabilidade técnica, econômica e administrativa, da formação de um grupo, multidisciplinar, de conservação de energia no campus, vinculado ao CTC.

# **ANEXO 1**

## **MODELO DOS QUESTIONÁRIOS**

1. Data: 12 de agosto de 1998
2. Nome da pessoa que preenche o questionário: Denise Esteves Moritz
3. Número telefônico para contato: 331 9842
4. Nome do local: Laboratório de eng. bioquímica
5. Nome do edifício: Bloco C
6. Área aproximada do local: 45 m<sup>2</sup>
7. Vidro das janelas: simples  duplo  isolado  reflexivo  outro

### 8. Ocupação do local

Dia	Número alunos	Número professores	Número funcionários	Horário (a)
Segunda	3		1	8:00 – 12:00
	3		1	14:00 – 18:00
Terça	3		1	8:00 – 12:00
	3		1	14:00 – 18:00
	6	1		8:00 – 10:00
Quarta	3		1	8:00 – 12:00
	3		1	14:00 – 18:00
Quinta	3		1	8:00 – 12:00
	3		1	14:00 – 18:00
Sexta	3		1	8:00 – 12:00
	3		1	14:00 – 18:00
Sábado				
Domingo				
Feriados				

(a) Especificar o intervalo horário de permanência das pessoas no local

### 9. Preencher os dados nas tabelas abaixo para cada um dos equipamentos existentes no local

Tabela 1. Para as lâmpadas

Tipo (b)	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente	UV
Marca e referência	Philips	Consul	Consul	Consul	
2	23	2	3	1	1
Comprimento [m]	1,2	1,2	1,2	1,2	50 cm
Consumo [W/Lâmp]	40	40	40	40	15
Horário (c)	8-12/14-18	1 h/dia	5 h/dia	8-12/14-18	2 h/sem
Limpeza (d)	Não	Não	Não	Não	
Substituição lâmp. (e)	4/ano	4/ano	4/ano	4/ano	
Substituição reator (f)	C/2 anos	C/2 anos	C/2 anos	C/2 anos	
Estado (g)	Bom	Bom	Bom	Bom	
Uso (h)					

- (b) Opções: Incandescente, fluorescente, outro (especificar)
- (c) Especificar o intervalo horário em que o equipamento permanece ligado
- (d) Especificar a periodicidade de limpeza do equipamento
- (e) Especificar a periodicidade de substituição das lâmpadas

- (f) Especificar a periodicidade de substituição dos reatores  
 (g) Opções: Ótimo, bom, regular, ruim, péssimo  
 (h) Especificar o tempo que o equipamento leva instalado

**Tabela 2. Para os aparelhos de ar condicionado**

	Comuns			
Marca e referência	Consul			
Quantidade	1			
Dimensões [m], (i)	68 x 52			
Consumo [W/aparelho]				
Horário (c)	Só em março 8-12/14-18			
Filtro (d)	Nunca			
Estado filtro (g)	Ruim			
Estado geral apar. (g)	Regular			
Manutenção (j)	Anual			
Uso (h)	2 anos			
Ventilação (k)	Máximo 15 dias em verão			
Sol (l)	13-15 h			
Capacidade [BTU/h] (m)	30.000			
Dados de placa				

- (i) Indicar largura vs altura (l x a) da frente  
 (j) Especificar a periodicidade de manutenção do aparelho  
 (k) Especificar o intervalo horário em que é utilizado apenas para ventilação em dias frios  
 (l) Especificar o intervalo horário em que recebe o sol diretamente  
 (m) Este valor geralmente aparece impresso na frente do aparelho (oscila entre 7500 e 30000 BTU/h)

**Tabela 3. Para os computadores (não incluídos os servidores)**

Tipo (n)	Pentium 200	Pentium 100	Pentium 100 (cromatog)
Quantidade	1	1	1
Horário PC e Mon. (o)	8:00-18:00	4 h/dia (intercal)	2 vezes/sem, 8-18 h
Horário PC, deslig. (p)	Nunca	Nunca	Nunca
Porcentagem (q)	80 %	100 %	100 %

- (n) Opções: PC, estação de trabalho, outro (especificar)  
 (o) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado (tanto CPU como monitor)  
 (p) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado e o monitor está desligado  
 (q) Porcentagem meio do tempo em que o aparelho permanece ligado sem ser utilizado.  
 Ex. Se o aparelho está ligado das 8 h às 18 h (10 horas) e é utilizado durante 6 h, a porcentagem é 40%

**Tabela 4. Para outros equipamentos**

Equipamento	Marca e referência	Quantidade	Horário (c)	Consumo [W]
Impressora	Hp deskjet 400	1	1 h/dia	30 V, 400 mA
Ventiladores	Britânia	2	8-12/14-18, no verão	40
Cafeteiras	Oster	1	1 h/mês	800

Refrigeradores	Consul	1	24 h	
Refrigeradores	Brastemp	1	24 h	
Bombas	Fanem	1	1 vez/sem, 4 h	165
Fermentador	Bioflo III	1	1 vez/sem, 24 h	120 V, 10 A
Cromatógrafo	CG-90	1	= PC 100 (cromat)	1.000
Ph metro	Digimed	1	Não é desligado	
Balança	Mettler H10	1	30 min/dia	15
Balança	Denver	1	5 min/dia	12
Agitador mag	Velp	1	3 h/dia	800
Agitador mag	Micro química	1	1 h/sem	220 V, 4 A
Espectrómetro	Celm	1	8 h/dia	40
Vortex	Phenix	1	1 h/dia	130
Skacker	Marconi	1	4 dias/sem, 24 h	
Estufa	Fanem	1	Não é desligado	160

Escrever no verso se precisar de mais espaço.

### 10. Condições ambientais do local

Temperatura durante o dia no verão: 30-35 °C

Temperatura durante a noite no verão: 30 °C

Temperatura durante o dia no inverno: 20°C

Temperatura durante a noite no inverno: 16 °C

### 11. Condições do sistema elétrico

Qual a periodicidade da falta de energia? 3 vezes/ano

Qual o número e a periodicidade de queima de lâmpadas? trimestral

Tem desligamento/queima de disjuntores/fusíveis? Por secador do lado

No seu critério, apresenta-se com frequência:

- Redução do nível de iluminação ou queda de tensão? Não
- Choques elétricos nos equipamentos o problemas de funcionamento? Não  
Em quais equipamentos? \_\_\_\_\_

As paredes apresentam aquecimento? Não Horário deste aquecimento \_\_\_\_\_

### 12. Medidas de conservação de energia no local

Tem dispositivos limitadores de demanda ou armazenadores de energia? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

Desliga o ar condicionado quando não tem pessoal? Sim

Desliga a iluminação quando não tem pessoal? Sim

Sabe de outras ações de conservação de energia praticadas no local? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

### 13. Outras observações Aquecimento no teto

---



---



---

1. Data: 11 de agosto de 1998
2. Nome da pessoa que preenche o questionário: João Fco Gomes Correia
3. Número telefônico para contato: 331 9842
4. Nome do local: Laboratório de processamento de alimentos
5. Nome do edifício: Bloco C
6. Área aproximada do local: 150 m<sup>2</sup> menos área do Lab. de meios porosos
7. Vidro das janelas: simples\_X\_duplo \_\_ isolado \_\_ reflexivo\_\_ outro \_\_\_\_

### 8. Ocupação do local

Dia	Número alunos	Número professores	Número funcionários	Horário (a)
Segunda	1		1	8-12/14-18
	1			16-18
Terça	16	1		10-12
	1		1	8-12/14-18
	1			13:30-15
Quarta	1		1	8-12/14-18
	1			10-12/13:30-18
Quinta	16	1		10-12
	1		1	8-12/14-18
	1			13:30-18
Sexta	1		1	8-12/14-18
	1			13:30-18
Sábado				
Domingo				
Feriados				

(a) Especificar o intervalo horário de permanência das pessoas no local

### 9. Preencher os dados nas tabelas abaixo para cada um dos equipamentos existentes no local

**Tabela 5. Para as lâmpadas**

Tipo (b)	Florescente	Florescente	Florescente	Florescente	Florescente
Marca e referência	OSRAM	Philips	Sylvania	GE-R	Sem marca
Quantidade	4	21	1	1	5
Comprimento [m]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Consumo [W/Lâmp]	40	40	40	40	40
Horário (c)	Ficam todas ligadas exceto 2, das 8-12 e 14-18				
Limpeza (d)	não				
Substituição lâmp. (e)	Cada 18 meses				
Substituição reator (f)	Cada 24 meses				
Estado (g)	Regular em geral				
Uso (h)					

- (b) Opções: Incandescente, fluorescente, outro (especificar)
- (c) Especificar o intervalo horário em que o equipamento permanece ligado
- (d) Especificar a periodicidade de limpeza do equipamento
- (e) Especificar a periodicidade de substituição das lâmpadas
- (f) Especificar a periodicidade de substituição dos reatores
- (g) Opções: Ótimo, bom, regular, ruim, péssimo
- (h) Especificar o tempo que o equipamento leva instalado

**Tabela 6. Para os computadores (não incluídos os servidores)**

Tipo (i)	PC			
Quantidade	1			
Horário PC e Mon. (j)	8:30-11:30, 14-16:30			
Horário PC, deslig. (k)	Não			
Porcentagem (l)	80 %			

- (i) Opções: PC, estação de trabalho, outro (especificar)  
 (j) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado (tanto CPU como monitor)  
 (k) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado e o monitor está desligado  
 (l) Porcentagem meio do tempo em que o aparelho permanece ligado sem ser utilizado.  
 Ex. Se o aparelho está ligado das 8 h às 18 h (10 horas) e é utilizado durante 6 h, a porcentagem é 40%

**Tabela 7. Para outros equipamentos**

Equipamento	Marca e referência	Quantidade	Horário (c)	Consumo [W]
Impressora	HP deskjet 500 C	1	30 min / dia	25
Refrigerador	Consul	1	24 h / dia	
Freezer	Prosdocino	1	24 h / dia	
Aparelho de som	International	1	8-12/14-18	5
Motor	Primar	1	30 min / dia	1/4 cv
Capela	Quimis	1	2 h/dia	250
Centrifuga	Sigma	1	30 min / dia	470
Liquidificador	Arno	1	2 vezes/sem, 5 min	
Medidor de ph	Analion	1	4h/sem	1 A, 220 V
Banho term + ag	Etica	1	20 min / dia	1200
Estufa ar circul	Fanem	1	12 h /dia	1012
Banho maria	Etica	1	1 h/dia	600
Autoclave	Fave	1	3 vezes/sem, 1:20 h	6000
Estufa	Biomatic	1	5 dias/sem, 24 h	110/220 V, 14/7 A
Balança	Gehaka	1	8 h /sem	
Balança	Marte	1	8 h /sem	220 V, 0, 25 A

Escrever no verso se precisar de mais espaço.

### 10. Condições ambientais do local

Temperatura durante o dia no verão: 34 °C

Temperatura durante a noite no verão: Ambiente

Temperatura durante o dia no inverno: 23-25 °C em função dos equipam.

Temperatura durante a noite no inverno: Ambiente

### 11. Condições do sistema elétrico

Qual a periodicidade da falta de energia? 1 vez / 6 meses

Qual o número e a periodicidade de queima de lâmpadas? Cada 18 meses

Tem desligamento/queima de disjuntores/fusíveis? Não

No seu critério, apresenta-se com freqüência:

- Redução do nível de iluminação ou queda de tensão? Não
  - Choques elétricos nos equipamentos o problemas de funcionamento? Não
- As paredes apresentam aquecimento? Não Horário deste aquecimento \_\_\_\_\_

**Desliga a iluminação quando não tem pessoal? Sim**

1. Data: 30 de julho de 1998
2. Nome da pessoa que preenche o questionário: Haiko Hense
3. Número telefônico para contato: 331 9448 Ramal 218
4. Nome do local: E-3
5. Nome do edifício: Bloco E
6. Área aproximada do local: 12 m<sup>2</sup>
7. Vidro das janelas: simples X duplo \_\_\_ isolado \_\_\_ reflexivo \_\_\_ outro \_\_\_\_\_

### 8. Ocupação do local

Dia	Número alunos	Número professores	Número funcionários	Horário (a)
Segunda		1		14:00 – 18:00
Terça		1		13:00 – 18:00
Quarta		1		8:00 – 18:00
Quinta		1		8:00 – 18:00
Sexta		1		8:00 – 18:00
Sábado		1		1 vez/mês, 20-22 h
Domingo		1		1 vez/mês, 2 horas
Feriados		1		1 vez/mês, 2 horas

(a) Especificar o intervalo horário de permanência das pessoas no local

### 9. Preencher os dados nas tabelas abaixo para cada um dos equipamentos existentes no local

Tabela 8. Para as lâmpadas

Tipo (b)	Florescente			
Marca e referência	OSRAM			
Quantidade	4			
Comprimento [m]	1,5			
Consumo [W/Lâmp]	65			
Horário (c)	8:00-12:00, 14:00-18:00			
Limpeza (d)	Não			
Substituição lâmp. (e)	Anual			
Substituição reator (f)	Quando falha			
Estado (g)	Ótimo			
Uso (h)				

- (b) Opções: Incandescente, fluorescente, outro (especificar)
- (c) Especificar o intervalo horário em que o equipamento permanece ligado
- (d) Especificar a periodicidade de limpeza do equipamento
- (e) Especificar a periodicidade de substituição das lâmpadas
- (f) Especificar a periodicidade de substituição dos reatores
- (g) Opções: Ótimo, bom, regular, ruim, péssimo
- (h) Especificar o tempo que o equipamento leva instalado

**Tabela 9. Para os computadores (não incluídos os servidores)**

Tipo (n)	PC				
Quantidade	1				
Horário PC e Mon. (o)	24 h				
Horário PC, deslig. (p)	Nunca				
Porcentagem (q)	25 %				

- (i) Opções: PC, estação de trabalho, outro (especificar)
- (j) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado (tanto CPU como monitor)
- (k) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado e o monitor está desligado
- (l) Porcentagem meio do tempo em que o aparelho permanece ligado sem ser utilizado.  
Ex. Se o aparelho está ligado das 8 h às 18 h (10 horas) e é utilizado durante 6 h, a porcentagem é 40%

**Tabela 10. Para outros equipamentos**

Equipamento	Marca e referência	Quantidade	Horário (c)	Consumo [W]
Ventiladores	Arno	1	Verão: 14-18	30
Refrigeradores	Privileg	1	24 h	170 W (220 V, 0,8 A)
Aparelho de som	Sanyo	1	10-12, 16-17	5

Escrever no verso se precisar de mais espaço.

**10. Condições ambientais do local**

Temperatura durante o dia no verão: Quentíssimo, insuportável, > 37 °C

Temperatura durante a noite no verão: Agradável, 25 °C

Temperatura durante o dia no inverno: Agradável, 25 °C

Temperatura durante a noite no inverno: Frio, 18-20 °C

**11. Condições do sistema elétrico**

Qual a periodicidade da falta de energia? Mensal

Qual o número e a periodicidade de queima de lâmpadas? Anual

Tem desligamento/queima de disjuntores/fusíveis? Não

No seu critério, apresenta-se com frequência:

- Redução do nível de iluminação ou queda de tensão? Sim
- Choques elétricos nos equipamentos ou problemas de funcionamento? Não  
Em quais equipamentos? \_\_\_\_\_

As paredes apresentam aquecimento? Não Horário deste aquecimento \_\_\_\_\_

**12. Medidas de conservação de energia no local**

Tem dispositivos limitadores de demanda ou armazenadores de energia? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

Desliga o ar condicionado quando não tem pessoal? Não tem ar condic.

Desliga a iluminação quando não tem pessoal? Sim

Sabe de outras ações de conservação de energia praticadas no local? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

**13. Outras observações** \_\_\_\_\_

1. Data: 10 de agosto de 1998
2. Nome da pessoa que preenche o questionário: Agenor Furijo Jr.
3. Número telefônico para contato: 331 9448
4. Nome do local: E-212
5. Nome do edifício: Bloco E
6. Área aproximada do local: m<sup>2</sup>
7. Vidro das janelas: simples  duplo  isolado  reflexivo  outro

### 8. Ocupação do local

Dia	Número alunos	Número professores	Número funcionários	Horário (a)
Segunda		1		8:00 – 12:00
				14:00 – 18:00
Terça		1		8:00 – 12:00
				14:00 – 18:00
Quarta		1		8:00 – 12:00
				14:00 – 18:00
Quinta		1		8:00 – 12:00
				14:00 – 18:00
Sexta		1		8:00 – 12:00
				14:00 – 18:00
Sábado				
Domingo				
Feriados				

(a) Especificar o intervalo horário de permanência das pessoas no local

### 9. Preencher os dados nas tabelas abaixo para cada um dos equipamentos existentes no local

Tabela 11. Para as lâmpadas

Tipo (b)	Florescente				
Marca e referência	OSRAM				
Quantidade	4				
Comprimento [m]	1,5				
Consumo [W/Lâmp]	65				
Horário (c)	Igual ao numeral 8				
Limpeza (d)	Nunca				
Substituição lâmp. (e)	Nunca em 6 meses				
Substituição reator (f)	Nunca em 6 meses				
Estado (g)	Bom				
Uso (h)					

- (b) Opções: Incandescente, fluorescente, outro (especificar)
- (c) Especificar o intervalo horário em que o equipamento permanece ligado
- (d) Especificar a periodicidade de limpeza do equipamento
- (e) Especificar a periodicidade de substituição das lâmpadas

- (f) Especificar a periodicidade de substituição dos reatores  
 (g) Opções: Ótimo, bom, regular, ruim, péssimo  
 (h) Especificar o tempo que o equipamento leva instalado

**Tabela 12. Para os aparelhos de ar condicionado**

Marca e referência	Comuns				Minicentraís
	Consul				
Quantidade	1				
Dimensões [m], (i)	46 x 3				
Consumo [W/aparelho]	1.050				
Horário (c)	Igual ao numeral 8 no verão				
Filtro (d)	Nunca desde março				
Estado filtro (g)	Bom				
Estado geral apar. (g)	Ótimo				
Manutenção (j)	Não				
Uso (h)	Um ano				
Ventilação (k)	Não usa				
Sol (l)	De manhã				
Capacidade [BTU/h] (m)	Refrig: 7.500, Aque: 6500				
Dados de placa	220 V	Regrif. : 7906			
	5 A	Aquec.: 6852			
	60 Hz				

- (i) Indicar largura vs altura (l x a) da frente  
 (j) Especificar a periodicidade de manutenção do aparelho  
 (k) Especificar o intervalo horário em que é utilizado apenas para ventilação em dias frios  
 (l) Especificar o intervalo horário em que recebe o sol diretamente  
 (m) Este valor geralmente aparece impresso na frente do aparelho (oscila entre 7500 e 30000 BTU/h)

**Tabela 13. Para os computadores (não incluídos os servidores)**

Tipo (n)	PC				
Quantidade	1				
Horário PC e Mon. (o)	Igual ao numeral 8				
Horário PC, deslig. (p)	18-8 h + hora de almoço				
Porcentagem (q)	8 %				

- (n) Opções: PC, estação de trabalho, outro (especificar)  
 (o) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado (tanto CPU como monitor)  
 (p) Especificar o intervalo horário em que o PC permanece ligado e o monitor está desligado  
 (q) Porcentagem meio do tempo em que o aparelho permanece ligado sem ser utilizado.  
 Ex. Se o aparelho está ligado das 8 h às 18 h (10 horas) e é utilizado durante 6 h, a porcentagem é 40%

**Tabela 14. Para outros equipamentos**

Equipamento	Marca e referência	Quantidade	Horário (c)	Consumo [W]
Impressoras	HP 692 C	1	10 min / dia	12

Escrever no verso se precisar de mais espaço.

**10. Condições ambientais do local**

Temperatura durante o dia no verão: \_\_\_\_\_

Temperatura durante a noite no verão: \_\_\_\_\_

Temperatura durante o dia no inverno: 20 °C

Temperatura durante a noite no inverno: Ambiente

**11. Condições do sistema elétrico**

Qual a periodicidade da falta de energia? 2 vezes / mês

Qual o número e a periodicidade de queima de lâmpadas? \_\_\_\_\_

Tem desligamento/queima de disjuntores/fusíveis? Não

No seu critério, apresenta-se com frequência:

- Redução do nível de iluminação ou queda de tensão? Não
  - Choques elétricos nos equipamentos o problemas de funcionamento? Não
- Em quais equipamentos? \_\_\_\_\_

As paredes apresentam aquecimento? Ligeiramente aquecida na manhã pelo sol

**12. Medidas de conservação de energia no local**

Tem dispositivos limitadores de demanda ou armazenadores de energia? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

Desliga o ar condicionado quando não tem pessoal? Só na noite

Desliga a iluminação quando não tem pessoal? Sim

Sabe de outras ações de conservação de energia praticadas no local? Não

Em caso de ser positivo, diga quais: \_\_\_\_\_

**13. Outras observações** Construção errada do prédio todo pelo sol batendo toda a tarde. É difícil economizar se o bolso não sofre, a conta é paga pela reitoria, seria mais adequado a sua forma de ver que o dinheiro seja entregue ao departamento ou fazer um controle do consumo. (Lâmpadas diretamente no teto).

## **ANEXO 2**

### **EQUIPAMENTOS DOS LABORATÓRIOS**

Bloco	Local	Equipamento	Número aparelhos	Regimes [h/dia]	Potência [W]	Consumo		
						[kWh/dia]	[kWh/mês]	
A	LABMAT	Balança analítica	1	24	3,6	0,09	1,90	627,59
		PH metro	1	1	50	0,05	1,10	
		Balança	1	2	13,86	0,03	0,61	
		Estufa	1	6	1400	8,40	184,80	
		Capela	1	4	186,5	0,75	16,41	
		Mufia	1	3	2000	6,00	132,00	
		Agitador	1	3	100	0,30	6,60	
		Bomba de vácuo	1	3	186,5	0,56	12,31	
		Forno tubular	1	3	3500	10,50	231,00	
		Impresora	1	1	144	0,14	3,17	
		Calorímetro	1	0,5	100	0,05	1,10	
		Biodigestor	1	0,5	2200	1,10	24,20	
		Agitador	1	0,5	880	0,44	9,68	
		Agitador	1	0,15	820,6	0,12	2,71	
	LABOPE E LAFETE	Compressor	1	1	1492	1,49	32,82	94,20
		Exhaustor	2	0,15	559,5	0,17	3,69	
		Resistencia	3	0,15	600	0,27	5,94	
		Ventiladores	2	0,15	350	0,11	2,31	
		Banho maria	1	0,15	1200	0,18	3,96	
		Lâmpada	1	0,15	15	0,00	0,05	
		Banho termost	1	0,15	1000	0,15	3,30	
		Trocador de calor	1	0,15	6000	0,90	19,80	
		manta	1	0,15	600	0,09	1,98	
		Variador voltagem	1	0,15	420	0,06	1,39	
		milivoltímetro	1	0,15	25	0,00	0,08	
		Resistencia	1	0,15	2500	0,38	8,25	
		Banho termostático	1	0,15	1100	0,17	3,63	
		Motor	1	0,15	186,5	0,03	0,62	
		Motor	1	0,15	559,5	0,08	1,85	
		motor	1	0,15	373	0,06	1,23	
	Aquecedor	1	0,15	1000	0,15	3,30		
	LDPT	Estufa	1	24	1540	36,96	813,12	1366,35
		Trafo para balanç	1	0,5	0,9	0,00	0,01	
		Balança	1	1	15,2	0,02	0,33	
		Ventiladores	1	8	100	0,80	17,60	
		Destilador	1	4	3500	14,00	308,00	
		Espectro fotomet.	1	4	5,6	0,02	0,49	
		Refrigeradores	1	4	600	2,40	52,80	
		Fluxímetro	1	2,4	1,6	0,00	0,08	
		Pirómetro digital	1	2,4	15	0,04	0,79	
		Varivolt	1	2,4	420	1,01	22,18	
		Banho maria + ag	1	1	1200	1,20	26,40	
		Banho maria	1	1	1500	1,50	33,00	
Câmara frigorífica		1	1	2238	2,24	49,24		
Cromatóg + PC		1	1	1650	1,65	36,30		
Centrifuga		1	0,2	470	0,09	2,07		
Agitador magnétic		1	0,15	820	0,12	2,71		
Bomba de vácuo		1	0,15	373	0,06	1,23		
Oficina		Motoesmeril	1	1	373	0,37	8,21	
	Compressor	1	0,5	746	0,37	8,21		
B	Circulação	Filtro de água	1	4	200	0,80	17,60	17,60
		Banho termost	1	18	1100	19,80	435,60	
	LABEQ	Bomba perist.	1	18	250	4,50	99,00	600,27
		Agitador	1	4	100	0,40	8,80	
		Agitador	1	3,5	10	0,04	0,77	
		Calorímetro	1	3,5	100	0,35	7,70	
		Aquecedor	1	2,5	880	2,20	48,40	
	LABMASSA	Impressoras	1	1	168	0,17	3,70	7,80
Bomba		1	1	186,5	0,19	4,10		

Bloco	Local	Equipamento	Número aparelhos	Regimes [h/dia]	Potência [W]	Consumo	
						[kWh/dia]	[kWh/mês]
C	ENGEBIO	Estufa	1	24	160	3,84	84,48
		Skacker	1	12	1200	14,40	316,80
		Espectómetro	1	8	40	0,32	7,04
		Ventiladores	2	8	40	0,64	14,08
		Refrigeradores	1	4	600	2,40	52,80
		Refrigeradores	1	4	600	2,40	52,80
		Fermentador	1	3,5	1200	4,20	92,40
		Cromatógrafo	1	3	1000	3,00	66,00
		Agitador mag	1	2	800	1,60	35,20
		Impressora	1	1	12	0,01	0,26
		Ph metro	1	1	100	0,10	2,20
		Vortex	1	1	130	0,13	2,86
		Bombas	1	0,8	165	0,13	2,90
		Balança	1	0,5	15	0,01	0,17
	Agitador mag	1	0,2	880	0,18	3,87	
	LABSEM	Bomba	1	2	373	0,75	16,41
		Motor	1	2	373	0,75	16,41
	LASIPO	Impressora	1	1	12	0,01	0,26
		Ventilador	1	4	746	2,98	65,65
		Coletor de frações	1	4	24	0,10	2,11
		Resistências	1	4	8000	32,00	704,00
		Balança	1	4	12	0,05	1,06
		Bomba peristáltica	1	3	345	1,04	22,77
		Destilador	1	2,5	7500	18,75	412,50
		Estufa	1	1	160	0,16	3,52
		Estufa	1	1	160	0,16	3,52
	PROALI	Estufa	1	1	130	0,13	2,86
		Microscópio	1	0,15	1540	0,23	5,08
		Estufa	1	24	1540	36,96	813,12
		Aparelho de som	1	8	5	0,04	0,88
		Estufa ar circul	1	8	1012	8,10	178,11
		Refrigerador	1	4	600	2,40	52,80
		Freezer	1	4	500	2,00	44,00
Capela		1	2	250	0,50	11,00	
Balança		1	1	15,2	0,02	0,33	
Balança		1	1	55	0,06	1,21	
Banho maria		1	1	600	0,60	13,20	
Medidor de ph		1	0,8	200	0,16	3,52	
Motor		1	0,5	186,5	0,09	2,05	
Impressora		1	0,5	25	0,01	0,28	
D	GESC	Centrifuga	1	0,5	470	0,24	5,17
		Banho term + ag	1	0,35	1200	0,42	9,24
		Autoclave	1	0,23	6000	1,40	30,80
		Refrigerador	1	4	529	2,12	46,55
		Bombas	1	3,5	90	0,32	6,93
		Medidor pressão	1	3,5	4,5	0,02	0,35
		Estufa	1	3	550	1,65	36,30
	LABORE I	Banho térmico	2	2,5	1200	6,00	132,00
		Impressoras	1	0,8	25	0,02	0,44
		Resist. Térmica	1	0,6	850	0,51	11,22
LABORE II	Espectrofotómetro	1	1	5,6	0,01	0,12	
	Trafo para espect.	1	1	29,9	0,03	0,66	
	Mufia	1	0,4	3960	1,58	34,85	
	Impressora	1	0,25	78	0,02	0,43	
LCP	Bombas	1	0,4	373	0,15	3,28	
	Agitador magentico	1	0,4	940	0,38	8,27	
	Agitador mecanico	1	0,4	50	0,02	0,44	
	Manta	1	0,4	315	0,13	2,77	
	Banho térmico	1	3	1200	3,60	79,20	
	Cafeteira	1	3	700	2,10	46,20	
	Impressoras	1	1	12	0,01	0,26	
	Soprador	1	1	746	0,75	16,41	
	Motores	1	0,6	746	0,45	9,85	
	Impressoras	1	0,5	240	0,12	2,64	
733,87	Moedor	1	0,2	559,5	0,11	2,46	
	Resistências	1	0,20	5000	1,00	22,00	
	Resistências	1	0,20	5000	1,00	22,00	
	Compressor	1	0,18	373	0,07	1,49	
33,09	1223,07	1165,71	233,79	36,06	14,77	202,52	

Bloco	Local	Equipamento	Número aparelhos	Regimes [h/dia]	Potência [W]	Consumo		
						[kWh/dia]	[kWh/mês]	
E	Auditório	Projektor	1	2	250	0,50	11,00	14,80
		Televisão	1	1	80	0,08	1,76	
		Ventilador	2	0,5	70	0,07	1,54	
		Diapositivas	1	0,15	150	0,02	0,50	
	Coord estágio	Impresoras	1	1	110	0,11	2,42	2,42
	Copa	Refrigerador	1	4	600	2,40	52,80	70,40
		Filtro de água	1	4	200	0,80	17,60	
	CPGENQ	Impresoras	1	1	25	0,03	0,55	0,81
		Impresoras	1	1	12	0,01	0,26	
	INFO	Servidor	1	24	400	9,60	211,20	1061,15
		Servidor	1	24	400	9,60	211,20	
		Servidor	1	24	400	9,60	211,20	
		Impresoras	1	3	25	0,08	1,65	
		Impresoras	1	3	200	0,60	13,20	
		Impresoras	1	3	352	1,06	23,23	
		Xerox	1	4	4400	17,60	387,20	
	LABSIN	Scanner	1	1	103,2	0,10	2,27	18,57
		Trafo	1	24	13,5	0,32	7,13	
		Impresoras	1	2	240	0,48	10,56	
	Salas de professores	Impresoras	1	2	20	0,04	0,88	246,40
		Ventilador	1	8	70	0,56	12,32	
		Ventilador	1	8	30	0,24	5,28	
		Ventilador	1	8	60	0,48	10,56	
		Ventilador	1	7	115	0,81	17,71	
		Aparelho de son	1	5	5	0,03	0,55	
		Aparelho de son	1	4	6,6	0,03	0,58	
		Filtro de água	1	4	200	0,80	17,60	
		Refrigerador	1	4	132	0,53	11,62	
		Refrigerador	1	4	85	0,34	7,48	
		Refrigerador	1	4	87	0,35	7,66	
		Refrigerador	1	4	170	0,68	14,96	
		Refrigerador	1	4	100	0,40	8,80	
		Ventilador	1	4	30	0,12	2,64	
Ventilador		2	4	70	0,56	12,32		
Cafeteiras		1	3	800	2,40	52,80		
Cafeteiras		1	2	800	1,60	35,20		
Cafeteiras		1	1	650	0,65	14,30		
Impresoras		1	1	25	0,03	0,55		
Televisão		1	1	62	0,06	1,36		
Cafeteiras		1	1	500	0,50	11,00		
Impresoras		1	1	12	0,01	0,26		
Impresoras		1	1	12	0,01	0,26		
Impresoras	1	1	25	0,03	0,55			
Impresoras	1	0,15	12	0,00	0,04			
Secretar ENQ	Aparelho de son	1	8	10	0,08	1,76	1,76	
SIMPRO	Impresoras	1	2	352	0,70	15,49	15,49	
<b>TOTAL</b>			<b>181</b>	<b>-</b>	<b>123152</b>	<b>354,7674</b>	<b>7804,88</b>	<b>7804,88</b>

## **ANEXO 3**

**FATOR DE POTÊNCIA E FATOR DE CARGA**

## O FATOR DE CARGA<sup>47</sup>

O fator de carga expressa a relação entre a demanda média e a demanda máxima, ou seja, representa quanto por cento da demanda máxima contratada está sendo utilizada. Seu valor é calculado como:

$$fc = \frac{\text{consumo [kWh / mês]}}{\text{demanda [kW]} * 730 [\text{horas / mês}]}$$

Quando o consumo se aproxima da demanda máxima, o fator de carga tende para a unidade, o que significa que a energia que está sendo fornecida pela rede, está sendo 100% consumida.

O aumento do fator de carga resulta em uma redução do custo da energia paga. A tarifa paga pelo consumidor é calculada, considerando a demanda máxima do mês, e o consumo mensal, de modo que o preço pago é um valor médio que pode variar mensalmente.

A melhoria do fator de carga pode ser obtida basicamente aumentando o consumo mensal em kWh ou reduzindo a demanda.

## O FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência expressa a relação entre a potência efetivamente utilizada e a potência total ou fornecida à instalação.

Quando o fator de potência é inferior a 0,92, a concessionária aplica uma multa ao usuário. Se isto acontecer, o ajuste do fator de potência pode ser calculado como:

$$\text{ajuste do fp} = \text{valor do fornecimento} * \frac{0,92}{\text{fp médio}}$$

O fator de potência abaixo do valor de 0,92, além de acarretar aumento na conta mensal de energia, representa aumento das perdas de potência, agravamento da queda de tensão, sobrecarga nos equipamentos, impedimentos da ligação de novas cargas e dificuldade na regulação do sistema.

---

<sup>47</sup> Sudene & Step. *Conservação de Energia no setor industrial : Cerâmica estrutural*. Primeira edição. Recife, Edições M. Inojosa Ltada, 1988.

As principais causas encontradas que são responsáveis pelo baixo fator de potência são o nível de tensão elevado (acima do nominal), motores operando em vazio durante muito tempo ou superdimensionados, e transformadores de grande potência alimentando pequenas cargas durante longos períodos.

A solução mais prática para corrigir um fator de potência baixo consiste na utilização de bancos de capacitores estáticos, mais exige que cada caso seja analisado individualmente para obter a solução técnica mas econômica.

**ANEXO 4**  
**SISTEMAS TARIFÁRIOS**

## O SISTEMA TARIFÁRIO<sup>48</sup>

O valor da fatura elétrica é calculado usando a classificação da unidade consumidora, a qual pode pertencer ao Grupo A ou ao Grupo B.

As unidades classificadas no Grupo A são aquelas alimentadas em tensão igual ou superior a 2,3 kV, e a fatura é calculada segundo tarifas binômias, com uma componente referente à demanda de potência e outra ao consumo de energia. A UFSC pertence a este grupo. No Grupo B estão aquelas alimentadas em baixa tensão (inferior a 2,3 kV). Nesse caso, a fatura é calculada somente a partir do consumo de energia. As estruturas tarifárias pertencentes ao grupo A são descritas a continuação.

### 1. ESTRUTURA TARIFÁRIA CONVENCIONAL

É aplicada para unidades consumidoras ligadas em tensão inferior a 69 kV e que nos últimos 11 meses tenham apresentado mais de três demandas mensais iguais ou inferiores a 500 kW, caso contrário estão enquadradas na estrutura tarifária horo-sazonal.

A demanda a ser faturada será a maior entre a demanda contratada, a demanda máxima registrada no mês e o 85% da maior demanda registrada nos últimos 11 meses. O consumo de energia será aquele verificado por medição no período de faturamento, que é aproximadamente um mês.

### 2. ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL

A estrutura horo-sazonal estabelece tarifas diferenciadas em função dos horários do dia e dos períodos de maior ou menor disponibilidade de energia elétrica no ano, de acordo com os seguintes conceitos:

*Horário de ponta (P)*: Período de três horas consecutivas situado entre as 17 e as 22 horas dos dias da semana, exceto as dias da semana. O período exato ;e definido pela concessionária.

---

<sup>48</sup> SHOEPS, Carlos Alberto. *Conservação de energia elétrica na indústria : faça você mesmo*, Vol. 1 : Orientações técnicas. Brasília: Secretaria de ciência e tecnologia, 1992.

*Horário fora de ponta (F):* Conjunto de horas complementares às três horas pertencentes ao horário de ponta.

*Período úmido (U):* Período de cinco meses consecutivos compreendendo o mês de dezembro até abril do ano seguinte.

*Período seco (S):* Período de sete meses consecutivos compreendendo o mês de maio até novembro.

A estrutura horo-sazonal oferece dois tipos de tarifa, a tarifa azul e a tarifa verde.

- **A tarifa azul**

A tarifa azul tem um preço para a demanda de potência na ponta e outro fora de ponta. Além, tem um preço diferenciado para o consumo de energia na ponta e período úmido (PU), na ponta e período seco (PS), fora da ponta e período úmido (FU), e fora da ponta e período seco (FS).

Esta tarifa é aplicada às unidades consumidoras ligadas em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV, e as ligadas em tensão inferior sempre que for contratada demanda igual ou superior a 500 kW.

O valor da demanda a ser faturada será a maior entre a demanda contratada para cada segmento horo-sazonal e a maior demanda de potência média de 15 minutos registrada em cada segmento horo-sazonal no período de faturamento.

A tarifa de ultrapassagem será aplicada à parcela de demanda medida que supere as respectivas demandas contratadas. Entretanto, não será utilizada, se a parcela for inferior a 5% da demanda contratada para unidades ligadas em tensão igual ou superior a 69 kV, 10% da demanda contratada para tensão inferior a 69 kV e demanda contratada superior a 100 kW, ou 20% da demanda contratada para unidades com demandas contratadas de 50 kW a 100 kW.

O consumo de energia a ser faturado será aquele efetivamente medido em cada segmento horo-sazonal.

- **A tarifa verde**

A tarifa verde tem um preço único para a demanda de potência e um preço diferenciado para o consumo de energia na ponta e período úmido (PU), na ponta e período seco (PS), fora da ponta e período úmido (FU), e fora da ponta e período seco (FS).

Esta tarifa pode ser aplicada às unidades consumidoras ligadas em tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

O valor da demanda a ser faturada será a maior entre a demanda contratada e a maior demanda de potência registrada no período de faturamento.

A tarifa de ultrapassagem será aplicada à parcela de demanda medida que supere a demanda contratada. Não será utilizada, se a parcela for inferior a 10% da demanda contratada para unidades com demanda contratada superior a 100 kW, ou 20% da demanda contratada para unidades com demandas contratadas de 50 kW a 100 kW.

O consumo de energia a ser faturado será aquele efetivamente medido em cada segmento horo-sazonal.

**ANEXO 5**  
**CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**



## BIBLIOGRAFIA

### LIVROS OU DOCUMENTOS

- [1] AGÊNCIA para a aplicação de energia. ***Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica nos setores comercial e de serviços.*** São Paulo: [s.n.], 1988.
- [2] BORENSTEIN, Carlos Raul; CAMARGO, C. Celso de Brasil. ***O setor elétrico no Brasil : Dos desafios do passado às alternativas do futuro.*** Porto Alegre: Sagra Luzzatto ed., 1997.
- [3] CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. ***Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor : definición de usos finales (Documento AG24-01).*** Medellín-Colombia: p. 26,1996.
- [4] CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. ***Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor : definición de usos finales (Documento AG24-02).*** Medellín-Colombia: p. 30,1996.
- [5] CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. ***Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor : Análisis de encuestas (Documento AG24-03).*** Medellín-Colombia: p. 20, 1996.
- [6] CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. ***Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor : Informe técnico-económico de alternativas (Documento AG24-04).*** Medellín-Colombia: p. 35, 1996.

- [7] CANO, Jorge; VILLAMIZAR, Sergio Mauricio. **Uso racional de energía y recursos naturales en la central hidroeléctrica Chivor : Informe final (Documento AG24-05)**. Medellín-Colombia: p. 30, 1996.
- [8] CESP. **Programa sinergia de conservação de energia : Tópicos para consolidação da função conservação de energia**. São Paulo: 1994.
- [9] CONPES. **Estratégias y acciones para fomentar el uso eficiente y racional de la energía**. Colombia: MINMINAS, 1995.
- [10] EMBRASUL indústria eletrônica Ltda.. **Manual de operação RE1000 – Medidor/registrador de grandezas elétricas**. Porto Alegre – Brasil: abril 1993.
- [11] EPEA - Escritório de pesquisa econômica aplicada -. **Energia Elétrica. Diagnóstico preliminar : Plano decenal de desenvolvimento econômico e social**. [S.l. : s.n.], 1967.
- [12] LAMBERT, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW editores, 1997.
- [13] LOMARDO, Louise Land B. et al. **Projeto 5 cidades. Metodologia de avaliação energética predial**. Brasil:, 199-.
- [14] MECKLER, Milton. **Energy conservation in buildings and industrial plants**. California: Ed. McGraw Hill, 1980.
- [15] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Conservação de Energia Elétrica : Condomínios Residenciais**. Segunda ed. Rio de Janeiro: 1993.
- [16] PROCEL. **Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo**. Rio de Janeiro: Ed. da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1995.
- [17] RODRIGUES, Antonio et al. **Programa permanente para o uso eficiente da energia elétrica na USP**. São Paulo: 1997.

- [18] RUSSOMANO, Victor Henrique. ***Introdução à administração de energia na indústria***. São Paulo–Brasil: Editora da universidade de São Paulo, 1987.
- [19] SHOEPS, Carlos Alberto. ***Conservação de energia elétrica na indústria : faça você mesmo***, Vol. 1 : Orientações técnicas. Brasília: Secretaria de ciência e tecnologia, 1992.
- [20] SPRINGER Carrier S.A.. ***Manual de instruções para o condicionador de ar***. Canoas, Rio Grande do Sul: 1996.
- [21] SUÁREZ, Carlos E. ***Energía eléctrica y sociedad***. San Carlo de Bariloche-Argentina: 1992.
- [22] SUDENE & STEP. ***Conservação de Energia no setor industrial : Cerâmica estrutural***. Recife, Edições M. Inojosa Ltada, 1988.
- [23] UNIVERSIDADE Federal de Santa Catarina. ***Boletim de dados***. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1996.
- [24] UNIVERSIDADE Federal do Paraná. ***Normas para apresentação de trabalhos : Parte 2 - Teses, dissertações e trabalhos acadêmicos***. Quarta ed. Curitiba: Ed. Da UFPR, 1994.
- [25] VIEIRA, Sonia. ***Como escrever uma tese***. Terceira ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

## TESES

- [26] OLGUIN Parada, Gabriel Mauricio. ***Uso eficiente de la energía eléctrica; una estratégia de desarrollo sustentable***. Universidad de Santiago de Chile, departamento de ingeniería eléctrica, 1994. Tesis de titulación – Ingeniero civil en electricidad.
- [27] ROMERO, M. A., ***Método de avaliação do potencial de conservação de energia em campi universitários: O caso da cidade universitária Armando Salles de Oliveira***. São Paulo, FAUUSP, 1994. Tese de doutorado - USP.

**ARTIGOS**

- [28] \_\_\_\_\_. **Brasil energia**. *O mapa da energia gratuita*. Rio de Janeiro: No. 213, p 54-55, agosto 1998.
- [29] BONNETT, Austin H. **IEEE industry applications magazin**. *Quality and reliability of energy-efficient motors*. USA: v 3, No. 1, p 22-31, january/ february 1997.
- [30] CEMIG. **Electroevolução**. *Gerenciamento de carga - solução de problemas operativos sem investimentos : A experiência da CEMIG*. Brasil, p 34-38, setembro 1995.
- [31] CESAR, Ney Pinto. **Revista mundo elétrico** : *Comparação de custo entre instalações de iluminação*. Brasil, p 30-32, janeiro 1980.
- [32] COAD, William J. *Energy conservation is an ethic*. **ASHRAE Transactions**. Atlanta GA USA, v 102, n 1, p. 505-509, 1996.
- [33] COLOTTI, Michael. **EC&M** : *Effective lighting maintenance: how to do it*. [S.I.], p 36-40, abril 1997.
- [34] Comisión Federal de Electricidad. **Ahorro de energía**. <http://www.conae.gob.mx/>. México.
- [35] COSTA, Reynaldo Sigilão da. **Medición de bajo costo para facturación y uso eficiente de la energía eléctrica**. [S.I.], p 31-34, 199-.
- [36] COX, Robert L. **ASHRAE Journal** : *Retrofit for a college campus*. EEUU, p 59-64, november 1996.
- [37] ERLANDSSON, Martin; LEVIN, Per; MYHRE, Lars. **Building and environment** : *Energy and environment consequences of an additional wall insulation of a dwelling*. Great Britain, Vol 32, No. 2, p 129-136, 1997.
- [38] GODOY, Antonio Varejão de et al. **Diagnóstico energético** : *A experiência da escola politécnica de Pernambuco*. Recife-Brasil, p 12, [1996].

- [39] JANNUZZI, Gilbero de Martino; FERREIRA dos Santos Dornellas, Vanice; LAZZARETTI BITTENCOURT, Mara Fátima. **implementação e avaliação de programas de iluminação eficiente no setor residencial**. Universidade Estadual de Campinas, departamento de energia. Brasil, pp 1-13, [1996].
- [40] KARPEN, Daniel. **Energy engineering : Case studies in duct and coil cleaning**. New York, Vol. 93, no. 5, p 6-11, 1996.
- [41] KOKAYKO, Michael J. **ASHRAE Journal : Dormitory renovation project reduces energy use by 69%**. EEUU, p 33-36, june 1997.
- [42] MAMEDE, João - filho. **Revista mundo elétrico : Economia de energia elétrica na indústria e comércio (conclusão)**. Brasil, p 51-55, junho 1988.
- [43] REIS, Lineu Bélico dos et. **Diagnóstico sobre o uso da energia elétrica na universidade de São Paulo**. São Paulo-Brasil, p 13, [1996].
- [44] ROCHA, Ney. **Brasil energia : Auditoria otimiza medidas de conservação**. Brasil, p 46, setembro 1998.
- [45] SAIDEL, Marco Antonio et al. **A conservação de energia em instituições universitárias: O programa de conservação na USP**. XIV SNPTEE. Belém-Brasil, p. 6, 1997.
- [46] SCUBLEN, Anne P. et al. **IEEE industry applications magazine : Justifying and planning na energy monitoring system**. EEUU, p 54-61, march/april 1997.
- [47] SECRETARIA de energia de São Paulo. **Boletim informação sobre uso racional de energia : São Paulo e a eficiência energética**. São Paulo, ano 11, edição 46, p 1, março/abril 1998.
- [48] SECRETARIA de energia de São Paulo. **Boletim informação sobre uso racional de energia : Tarifas de fornecimento de energia elétrica**. São Paulo, ano 11, edição 46, p 4, março/abril 1998.

- [49] SILVA, Neilton Fidelis da. Conservação de energia elétrica no setor residencial: Um fator de qualidade. *Revista da ETEFRN*. Brasil, ano 13, No. 2, p 1-7, set 1997.
- [50] TEITEL, M.; TANNY, J. *Building and environment* : A note on energy saving in heated. Great Britain, Vol 31, No. 6, p 537-540, 1996.
- [51] THOMAS, Abby; STEEN, James. *Energy conservation*. <http://www.rpi.edu/~breyms/audit/>. Janeiro 1996.
- [52] TOLMASQUIM, Mauricio; PIRES, José Claudio Linhares. *Brasil energia. Tarifas no Brasil e no mundo*. Rio de Janeiro: No. 213, p 49, agosto 1998.
- [53] WAIDE, Paul; LEBOT Benoît; HINNELLS, Mark. Appliance Energy Standards In Europe. *Energy and Buildings*. [S.l.], n 26, p 45-67, 1997.
- [54] WEINBERG, Alexander. *Revista mundo elétrico : Racionalização do consumo de energia elétrica*. Brasil, janeiro 1980.
- [55] YANG, K. H.; SU, C. H. *Building and environment* : An approach to building energy savings using the PMV index. Great Britain, Vol 32, No. 1, p 25-30, 1997.

## NORMAS

- [56] ABNT. *Iluminância de interiores : Especificação*. NBR 5413. Brasil, abril 1982.
- [57] ABNT. *Verificação de iluminância de interiores : Procedimento*. NBR 5382. Brasil, abril 1985.
- [58] UNIVERSIDADE Federal do Paraná. *Normas para a apresentação de trabalhos*. Quarta ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 1994. 8V. : il.

## PROGRAMAS DE COMPUTADOR

- [59] SUMMER Version 2.0. *A tool for Passive Cooling of Buildings*.  
Desenvolvido por N. Klitsikas, V. Geros, M. Santamouris, E. Dascalaki,  
S. Kontoyiannidis, A. Argiriou. CIENE, Central Institution for Energy  
Efficiency Education, Division of Applied Physics, University of Athens.