



PROPOSTA DE RETROFIT PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DA UFSC

Fernando Simon Westphal¹; Deivis Luis Marinowski²; Enedir Ghisi³; Roberto Lamberts⁴

(1) Eng. Civil, Mestrando. E-mail: fernando@labeee.ufsc.br

(2) Acadêmico Eng. Civil. E-mail: deivis@labeee.ufsc.br

(3) Eng. Civil, M. Eng. E-mail: cenegh@civil.leeds.ac.uk

(4) Eng. Civil, PhD. E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário – Trindade

ECV/NPC/LabEEE

Caixa Postal 476 – CEP 88040-900

www.labeee.ufsc.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de retrofit para o sistema de iluminação artificial da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A primeira etapa do trabalho consiste em traçar a tendência de crescimento do consumo de energia elétrica no campus até o ano 2002, visto que novos prédios são edificadas e novas cargas são inseridas a cada ano. Propondo-se a substituição das luminárias, lâmpadas e reatores das salas de aula, administrativas e de professores (21% da área construída e 20% do consumo total), estima-se uma economia de 9,5% no consumo e 12% na conta de energia elétrica anual da Cidade Universitária. Extrapolando-se o retrofit para todo o campus, estima-se que a redução no consumo possa chegar a 30% do valor registrado anualmente. O período de retorno do investimento seria de 3 anos.

Palavras-chave: retrofit, iluminação, eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) é um dos maiores consumidores de energia elétrica do estado. Segundo levantamento feito por **GHISI (1997)**, o consumo médio na UFSC entre 1992 e 1996 (excluindo o hospital Universitário e os medidores de energia em Tarifa Convencional) foi de aproximadamente 10 GWh/ano. Na época, este valor representava 18% do consumo de energia elétrica do setor público de Florianópolis, e 2% do consumo total do município em um ano.

O rápido crescimento das diversas atividades existentes no Campus Universitário teve por consequência o aumento do consumo e das despesas com energia elétrica. Visando atender as determinações da Presidência da República – através do Decreto nº 3.330 (**BRASIL, 2000**), de 6 de janeiro de 2000 e, recentemente, o Decreto nº 3.818 (**BRASIL, 2001**), assinado em 15 de maio de 2001 – o PRUEN (Programa de Racionalização do Uso de Energia na UFSC) foi instaurado para reduzir o consumo e os gastos com energia elétrica no campus, buscando alternativas e soluções viáveis.

Desta forma, este trabalho apresenta uma proposta de retrofit no sistema de iluminação das salas de aula, salas de professores e administrativas do campus, que representam juntas cerca de 21% da área total construída. A estimativa de consumo para o sistema atual e o sistema proposto é feita considerando-se a quantidade de luminárias estimada por m² para cada ambiente em estudo. Além de propor a substituição de luminárias, lâmpadas e reatores por outros modelos de maior eficiência,

sugere-se a redução dos níveis de iluminância para 300lux em salas de aula e 400lux em salas administrativas e de professores, pois foi verificado excesso de iluminação nestes ambientes.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de retrofit em iluminação de salas de aulas, administrativas e de professores da UFSC, estimando-se a redução no consumo a partir da quantidade de luminárias instaladas por metro quadrado.

3 METODOLOGIA

3.1 Análise das contas de energia elétrica

Através de dados de consumo de energia elétrica da UFSC organizados pelo ETUSC (Escritório Técnico Administrativo da UFSC), buscou-se identificar a tendência de crescimento do consumo, confrontando-o com o aumento da área construída no campus. A cada ano são construídos novos prédios no campus, provocando um aumento no consumo de energia elétrica devido às novas conexões à rede. Há também o chamado “crescimento vegetativo” do consumo de energia elétrica, provocado pela instalação de novas cargas, mesmos nos prédios já existentes – aquisição de novos microcomputadores, fotocopiadoras, máquinas de fax, equipamentos laboratoriais, etc. O crescimento vegetativo pode ser identificado como a elasticidade do aumento no consumo de energia em relação ao aumento na área construída.

3.2 Levantamento de área construída no campus

Do levantamento de área construída no campus universitário, realizado pelo ETUSC, pretende-se identificar o crescimento da área, confrontando-o com o crescimento no consumo de energia elétrica do campus. Dessa forma, pode-se justificar o aumento no consumo de um ano para o outro e solicitar junto ao Governo Federal uma renegociação da meta de redução a ser atingida nos anos seguintes.

Visando apresentar uma proposta de retrofit para os sistemas de iluminação da UFSC, identifica-se a área total construída referente aos ambientes de interesse: salas de aula, administrativas e de professores. A princípio, apenas estas áreas serão objetos de estudo, visto que seus sistemas de iluminação, suas características geométricas, arquitetônicas e de ocupação são bastante uniformes em todo o campus, possibilitando a análise global para o retrofit por tipo de ambiente. O retrofit para as demais áreas da UFSC exige uma auditoria *in-loco* para que se identifique características específicas quanto ao uso das salas, sistema de iluminação atual e detalhes arquitetônicos. Como exemplo, cita-se as salas identificadas como laboratórios no levantamento de áreas apresentado pelo ETUSC. Sabe-se que muitos desses laboratórios possuem pé-direito duplo ou triplo, dependendo dos equipamentos instalados e dos ensaios realizados. Enquanto que, outros laboratórios correspondem apenas a algumas salas com microcomputadores e mesas de estudo.

3.3 Tendência de crescimento do consumo de energia elétrica

O Decreto nº 3.818 determina que os prédios da administração pública federal deverão reduzir seu consumo em 35% a partir de julho de 2001 em relação ao consumo registrado em julho de 2000. Porém, com o avanço tecnológico atual, é natural que o consumo de energia elétrica de uma edificação aumente significativamente de um ano para o outro, seja pelo aumento na área construída, seja pela simples adição de mais equipamentos eletrônicos (crescimento vegetativo). O crescimento vegetativo de consumo de energia elétrica de edifícios de escritório foi identificado em outros estudos de caso desenvolvidos pelo LabEEE, principalmente durante o Projeto 6 Cidades (WESTPHAL et al., 1998; GRASSO et al., 1998; PEDRINI, 1997). Não apenas em Florianópolis, mas em todo o país esse comportamento no consumo de energia elétrica de edifícios de escritórios é comum, dada a situação de desenvolvimento tecnológico a que o Brasil está submetido. Portanto, a redução no consumo de energia elétrica não poderia ser calculada sobre o consumo do ano anterior, mas sim, sobre o consumo de energia estimado para o ano seguinte, conforme a tendência de crescimento no consumo do prédio verificada nos últimos anos.

3.4 Sistema de iluminação atual

Em sua dissertação de mestrado, **GHISI (1997)** identificou os equipamentos mais comuns que compõem o sistema de iluminação das salas de aula, administrativas e de professores da UFSC. Foi constatado que grande parte do campus possui sistemas de iluminação tecnologicamente defasados, apresentando um enorme potencial de redução no consumo através da substituição por modelos de lâmpadas, luminárias e reatores mais modernos e mais eficientes.

Para estimar a economia de energia obtida com o retrofit proposto, a potência elétrica solicitada pelo conjunto lâmpadas e reatores atualmente instalado nas salas de aula no campus (2 lâmpadas fluorescentes de 65 W e um reator eletromagnético) será verificada através de medições de consumo de energia em 2 salas de aula do Centro Tecnológico (CTC), abrangendo um total de 24 luminárias (48 lâmpadas). O equipamento utilizado para as medições será um medidor portátil de consumo de energia da marca Yokogawa, modelo MCP-5000. A potência do conjunto luminária, lâmpadas e reator a ser proposto como alternativa de retrofit já foi verificada através de medições com o mesmo aparelho no trabalho desenvolvido por **LEE et al. (2001)** no LabEEE.

Devido a impossibilidade de medição do consumo dos sistemas de iluminação das salas de professores e administrativas (2 lâmpadas fluorescentes de 40 W e um reator eletromagnético), será adotada a potência nominal de 100W para cada conjunto de lâmpadas e reator, considerando-se as informações fornecidas pelos fabricantes de equipamentos em seus catálogos.

Para estimativa do consumo anual de energia elétrica provocado pelo sistema de iluminação atualmente instalado (Caso Base) e pelo proposto (Retrofit), considera-se um padrão de uso de 10h no período fora de ponta e de 2,5h na ponta para as salas de aula; e 8h fora de ponta e 2h na ponta para as salas administrativas e de professores. Aplicando-se as tarifas de energia elétrica cobradas pela CELESC (Centrais Elétricas do Estado de Santa Catarina) estima-se o gasto anual com eletricidade nos ambientes em estudo.

A Figura 1 apresenta o perfil de carga de cada dia medido no mês de abril, extraído da “memória de massa” (registros de demanda a cada 15min) da UFSC. Cada linha representa um dia completo. As curvas inferiores (que não chegam a registrar 1.500kW) representam os finais de semana. A análise das curvas de carga confirma o padrão de uso das instalações da UFSC: as aulas começam às 7h30min, com intervalo ao meio-dia, retorno às 13h30min e diminuição do uso a partir das 18h com encerramento completo às 22h.

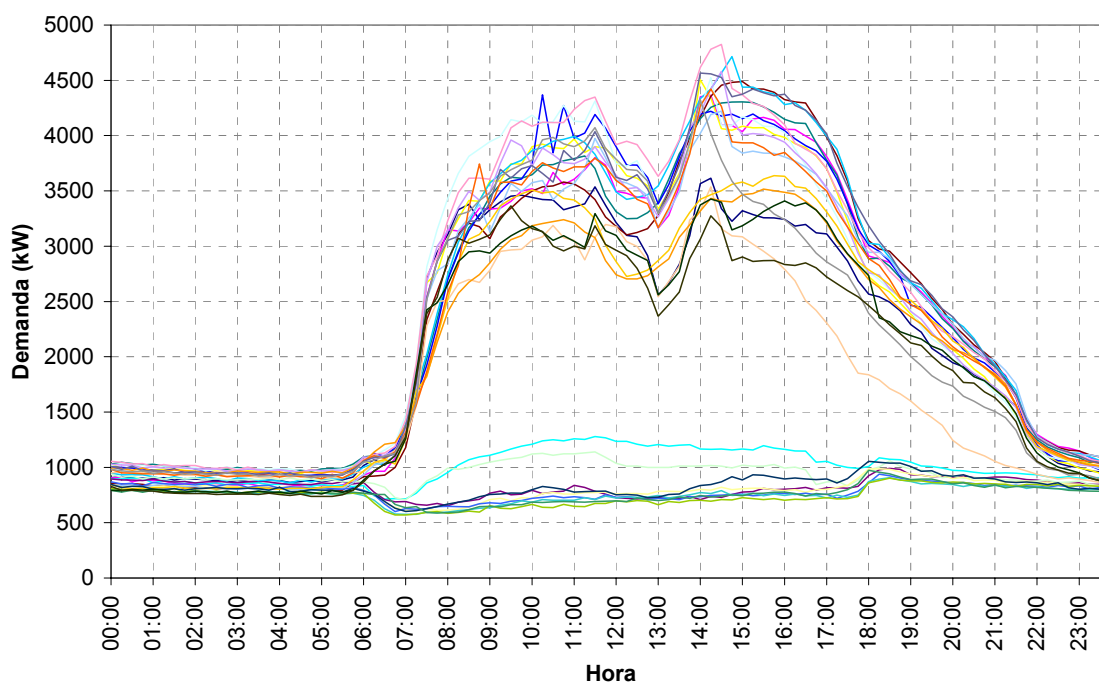


Figura 1. Curvas de carga da UFSC para cada dia medido no mês de abril/2000.

3.5 Proposta de retrofit

Um novo sistema de iluminação para as salas de aula, administrativas e de professores do CTC é dimensionado de acordo com as especificações apresentadas por **GHISI (1997)** para projetos de iluminação eficiente no campus. Com o número total de luminárias estimado para estes ambientes e a área total dos mesmos, determina-se a razão luminárias/m². Aplicando-se este coeficiente ao total de área construída por tipo de ambiente (salas de aula, administrativas e de professores) no campus, tem-se a quantidade aproximada de luminárias necessárias para o retrofit geral. Com a potência de cada conjunto de lâmpadas e reatores propostos e atuais, o padrão de uso das salas e as tarifas de energia elétrica aplicadas pela concessionária local, pode-se estimar a redução no consumo, na demanda e nos custos com energia elétrica na UFSC. A Figura 2 ilustra o procedimento de cálculo para estimativa de retrofit no campus por tipo de ambiente a partir da análise do sistema de iluminação do CTC, parametrização por m² e extrapolação para todo o campus.

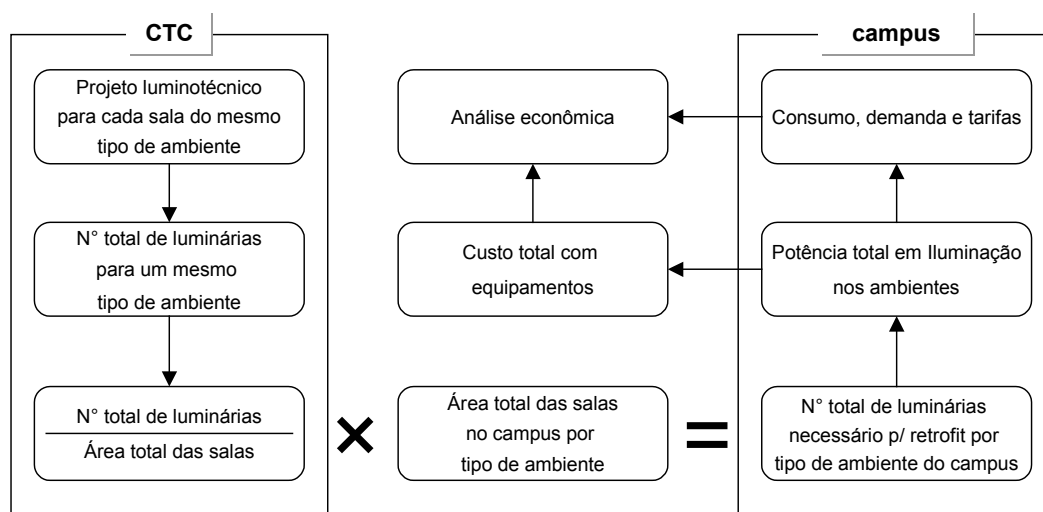


Figura 2. Procedimento de cálculo para estimativa geral de retrofit no campus a partir do dimensionamento do sistema de iluminação no Centro Tecnológico (CTC).

4 RESULTADOS

4.1 Análise das contas de energia elétrica

A UFSC possui edificações abastecidas em baixa tensão, principalmente fora do campus universitário, e edificações abastecidas em alta tensão, no subgrupo A4 (tensão de fornecimento entre 2,3kV e 25kV). Estas últimas, enquadradas na Tarifa Convencional e Horo-sazonal Verde.

Existem dois medidores em alta tensão enquadrados na Tarifa Horo-sazonal Verde, quais sejam, o Hospital Universitário e a Cidade Universitária. Juntos esses medidores respondem por 75,4% do consumo de energia elétrica anual e 78,5% do gasto com eletricidade na UFSC. Na Tarifa Convencional, ainda abastecidos em alta tensão, existem mais 15 medidores, que representam 22,0% do consumo de energia elétrica anual e 20,1% do custo com eletricidade da instituição. Existem ainda 24 medidores em baixa tensão, responsáveis por 2,5% do consumo de eletricidade e 1,4% do valor total da conta de energia elétrica da UFSC. O objeto de estudo deste trabalho envolve apenas o medidor da Cidade Universitária, que representa 59,3% do consumo total de energia elétrica da UFSC e 58,4% de todas as contas de energia pagas pela instituição.

O consumo e o custo total de energia elétrica no último ciclo de 12 meses de que se tem disponível para todas as contas (setembro de 1999 a agosto de 2000) é apresentado na Tabela 1, para cada subgrupo tarifário que a UFSC possui. No total, a universidade consumiu cerca de 20,5GWh entre setembro/99 e agosto/2000, representando um gasto aproximado de R\$2,6 milhões (aproximadamente US\$1,04 milhões, com cotação de US\$ 1,00 = R\$ 2,50).

Tabela 1. Divisão do consumo e custo de energia elétrica na UFSC.

Consumidor	Custo Anual (R\$)	Participação no Custo Total	Consumo Anual (kWh)	Participação no Consumo Total
Cidade Universitária	1.528.363,19	58,4%	12.130.788	59,3%
Hospital Universitário	445.386,16	17,0%	3.934.415	19,2%
Alta Tensão Tar. Conv.	576.148,43	22,0%	4.108.529	20,1%
Baixa Tensão	66.416,64	2,5%	286.431	1,4%
Total	2.616.314,42	100,0%	20.460.163	100,0%

Em seu estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina, **GHSI (1997)** concluiu que o resultado da análise de uso final de energia elétrica encontrada para os blocos B (salas de aula) e C (salas de professores e administrativas) do CTC, pode ser extrapolado para todo o campus. Essa estimativa para o campus é apresentada na Figura 3, que indica um uso final de maior representatividade para o sistema de iluminação artificial, com 63% de participação no consumo total anual.

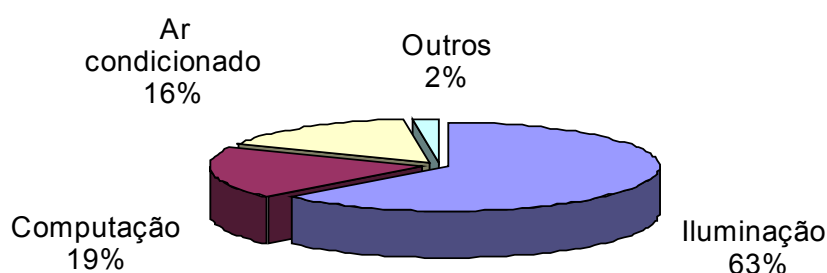


Figura 3. Usos finais de energia elétrica estimados para o campus da UFSC.

4.2 Área construída no campus

A Figura 4 apresenta o crescimento da área construída no campus universitário (excluindo o Hospital Universitário), que corresponde ao medidor de energia elétrica de maior participação nas contas da UFSC (medidor da “Cidade Universitária”). De 1996 para 1997 não houve nenhuma edificação nova concluída no campus, mas de 1995 a 2000, a área total construída aumentou quase 20%, saltando de 185 mil m² para 220 mil m².

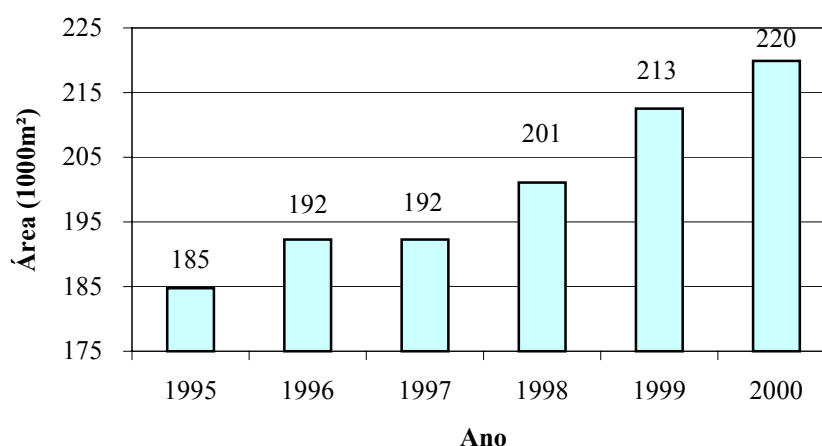


Figura 4. Crescimento da área construída no campus da UFSC de 1995 a 2000 (excluindo o Hospital Universitário).

A Tabela 2 apresenta a área construída no campus referente aos ambientes sob estudo de retrofit – salas de aula, professores e administrativas. Nota-se que a proposta de retrofit aqui apresentada abrange quase 21% do campus universitário.

Tabela 2. Total de área construída em salas de aula, salas de professores e salas administrativas na UFSC.

Ambientes	Área (m ²)	Participação no total
Salas administrativas	12.087,35	6,1%
Salas de professores	12.588,43	6,3%
Salas de aula	16.630,08	8,4%
Total	41.305,86	20,8%

4.3 Tendência de crescimento do consumo de energia elétrica

O principal medidor de energia elétrica da UFSC compreende todo o campus universitário, exceto o Hospital Universitário (HU), e registrou um consumo aproximado de 12GWh durante o ano 2000, o que representa 58,4% do consumo total de energia elétrica da instituição.

Analizando-se os dados de consumo dos anos anteriores, verifica-se um aumento de 29,5% entre 1995 e o ano 2000, ao passo que, no mesmo período, a área construída foi ampliada em 19,0%, como mostra a Tabela 3. Esta elasticidade de 10,5 pontos percentuais entre o crescimento no consumo e o aumento na área construída representa o crescimento vegetativo do consumo de energia elétrica no campus, que pode ser justificado pela penetração de equipamentos eletrônicos devido à abertura de mercado ocorrida nos últimos anos, que popularizou não só o uso dos computadores pessoais (PC's), como de outros equipamentos que tiveram tarifas de importação reduzidas.

Analizando-se os dados reunidos na Tabela 3, nota-se que a relação direta do aumento do consumo em função do aumento na área construída no campus não é linear ($R^2 = 0,6219$), conforme mostra a Figura 5. A relação entre consumo e área construída fica mais clara quando se analisa a razão entre os dois valores para cada ano. Através da Figura 6 nota-se que entre 1997 e 1999 o consumo aumentou linearmente com a área construída, mas em 2000 houve uma queda brusca no consumo, mesmo com aumento na área construída no campus.

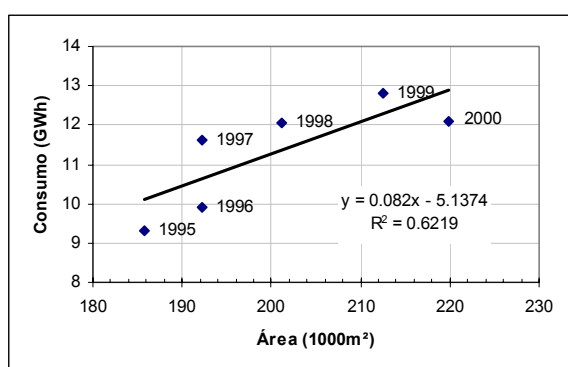


Figura 5. Consumo de energia elétrica e área construída registrada entre 1995 e 2000 na UFSC.

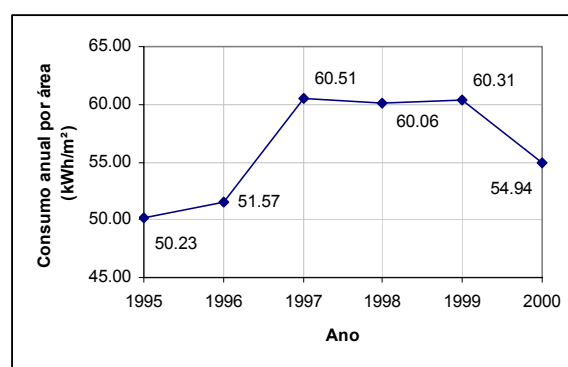


Figura 6. Evolução do consumo/m² entre 1995 e 2000 na UFSC.

Entre 1996 e 1997, foi registrado o maior aumento no consumo (17,4%), enquanto que a área total construída no campus não sofreu alteração. Em outros dois anos – 1998 e 2000 – o aumento na área construída foi maior do que o crescimento do consumo em relação ao ano anterior. Em 2000, foi registrada até uma queda no consumo em relação a 1999, o que pode ser explicada pelo fato do ano

letivo ter sido maior em 1999, para reposição de aulas perdidas durante a greve de 1998, ano em que o consumo também não cresceu significativamente justamente por causa da paralisação dos professores e funcionários. Outro motivo do baixo crescimento do consumo em relação ao aumento da área construída em 2000 é a adoção de luminárias mais eficientes nas novas obras edificadas. Durante sua pesquisa, **GHISI (1997)** já havia identificado a instalação de luminárias com refletores de alumínio e aletas brancas, equipadas com lâmpadas de 32 W nos novos prédios da UFSC, resultando em densidades de potência (W/m^2) mais baixas nestas novas áreas.

Um melhor entendimento quanto ao crescimento (ou redução) do consumo de energia elétrica na UFSC exigiria análises mais detalhadas sobre outras variáveis de relevância inquestionável, tais como temperatura média mensal, número total de dias letivos e eventos ocorridos ao longo do ano. Todos estes são fatores que podem provocar variações significativas sobre o consumo de energia elétrica no campus. A ocorrência de um feriado prolongado de 2 dias, por exemplo, pode provocar uma redução de até 10% no consumo de um mês, considerando-o com 22 dias letivos.

Tabela 3. Consumo anual de energia elétrica e área construída no campus universitário (exceto o Hospital Universitário).

Ano	Consumo de energia elétrica		Área construída	
	(GWh/ano)	Crescimento (%)	(m^2)	Crescimento (%)
1995	9,33	-	184.773	-
1996	9,91	6,2%	192.290	4,1%
1997	11,63	17,4%	192.290	0,0%
1998	12,07	3,8%	201.085	4,6%
1999	12,82	6,2%	212.524	5,7%
2000	12,08	-5,8%	219.914	3,5%
Crescimento total	2,75	29,5%	35.141	19,0%

4.4 Sistema de iluminação atual

Em geral, as salas de aula da UFSC são equipadas por luminárias com refletores brancos e capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes de 65 W que têm sido gradativamente substituídas por lâmpadas de 58W. Os reatores são eletromagnéticos de partida convencional, que atendem a duas lâmpadas (duplos).

Através de medições de consumo em duas salas de aula do CTC, abrangendo 24 luminárias, num total de 48 lâmpadas, identificou-se uma potência média de 147W para cada conjunto de 2 lâmpadas de 65W e reator eletromagnético duplo (sistema mais comum da UFSC).

A observância quanto ao nível de iluminação suficiente para a perfeita realização das tarefas em cada ambiente é fator fundamental na potência instalada em iluminação artificial. No levantamento realizado nas salas de aula do CTC, **MARINOSKI (2000)** identificou níveis de iluminância acima de 300lux em todas as salas analisadas, sendo que em 13 das 24 salas, a iluminância média era superior a 400lux. Neste caso, o sistema de iluminação está 33% superdimensionado, já que a potência do sistema é linearmente proporcional a iluminância média no ambiente.

As salas de professores e administrativas do campus, possuem em geral luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W e reator eletromagnético duplo. Devido a impossibilidade de medição do consumo desses sistemas, adotou-se a potência nominal de 100W para cada conjunto de lâmpadas e reator, considerando-se as informações fornecidas pelos fabricantes de equipamentos em seus catálogos.

A partir da contagem de luminárias e levantamento de área construída estima-se que as salas de aula possuem 0,1614luminárias/ m^2 (ou 1.614 luminárias a cada 10 mil m^2) e as salas de professores 0,2857luminárias/ m^2 (ou 2.857 luminárias a cada 10 mil m^2). Este último índice será adotado também para as salas administrativas, já que possuem o mesmo sistema de iluminação.

Supondo que o padrão de sistema de iluminação do campus seja o mesmo do CTC estima-se que exista um total de 2.684 luminárias com 2 lâmpadas de 65W nas salas de aula e 7.271 luminárias com 2 lâmpadas de 40W nas salas professores e salas administrativas de todo o campus. Considerando-se o padrão de uso desses ambientes e as tarifas de energia elétrica praticadas pela concessionária local, estima-se um consumo anual de 2,4GWh (20% do consumo do campus), o que equivale a um custo de R\$ 379 mil com a energia elétrica consumida nestas salas – incluindo o faturamento sobre a demanda registrada. A Tabela 4 apresenta maiores detalhes sobre a estimativa de consumo para os ambientes estudados.

Tabela 4. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas de aula, de professores e administrativas no campus.

Ambiente	Salas de aula	Salas de professores	Salas administrativas	Total
Área (m ²)	16.630	12.588	12.087	41.305
Luminárias/m ²	0,1614	0,2857	0,2857	-
Nº Luminárias	2.684	3.596	3.453	9.733
Potência cada luminária (W)	147	100	100	-
Potência total (kW)	394	360	345	1.099
Densidade de potência (W/m ²)	23,72	28,57	28,57	26,62
Consumo anual (MWh)	878	791	760	2.429
Custo anual energia elétrica (R\$)	135.000,00	124.000,00	120.000,00	379.000,00

4.5 Proposta de retrofit

A redução dos níveis de iluminação das salas de aula para 300lux (ao final do período de manutenção de 24 meses) e a substituição do sistema atual por um novo conjunto, composto por 2 lâmpadas de 32W mais reator com alto fator de potência - potência total de 72W verificada através de medição no LabEEE (LEE et al., 2001) – e uma luminária com refletores de alumínio de alta pureza, poderá provocar uma redução de até 51% na potência instalada nesses ambientes. Já nas salas de administrativas e de professores, a adequação do nível de iluminamento para 400lux (após 24 meses) e a substituição do sistema atual pelo conjunto proposto com 2 lâmpadas de 32W irá proporcionar uma redução em torno de 46% na potência instalada.

O novo projeto luminotécnico proposto para o CTC resulta em índices de 0,1628 luminárias/m² nas salas de aula e 0,2143 luminárias/m² nas salas administrativas e de professores. Para as salas de aula o número de luminárias proposto é ligeiramente maior do que o atual porque as lâmpadas de 65W (atualmente instaladas) apresentam fluxo luminoso maior do que as lâmpadas de 32W propostas. Em termos de eficiência, observa-se que a potência instalada nesses ambientes baixa de 23,72W/m² para 11,72W/m². Considerando-se os níveis de iluminância para que os sistemas foram projetados (500lux o atual e 300lux o retrofit), observa-se que o sistema novo apresenta cerca de 3,91W/m².100lux contra 4,74W/m².100lux do sistema atualmente instalado nas salas de aula. Nas salas administrativas e de professores, a potência instalada é reduzida de 5,71W/m².100lux para 3,86W/m².100lux, considerando-se que o sistema atual foi projetado para 500lux e o retrofit propõe iluminância média de 400lux no final do período de manutenção.

Adotando-se a quantidade de luminárias/m² para esses mesmos ambientes em todo o campus, estima-se que seriam necessárias 7.994 luminárias para executar o retrofit proposto. Considerando-se o padrão de uso desses ambientes e as tarifas de energia elétrica praticadas pela concessionária local, estima-se consumo anual de 1,3GWh, o que equivale a um custo de R\$ 198 mil com a energia elétrica consumida nestas salas – incluindo o faturamento sobre a demanda registrada. A Tabela 5 apresenta maiores detalhes sobre a estimativa de consumo para os ambientes estudados.

Tabela 5. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas de aula, de professores e administrativas no campus.

Ambiente	Salas de aula	Salas de professores	Salas administrativas	Total
Área (m ²)	16.630	12.588	12.087	41.305
Luminárias/m ²	0,1628	0,2143	0,2143	-
Nº Luminárias	2.707	2.697	2.590	7.994
Potência cada luminária (W)	72	72	72	-
Potência total (kW)	195	194	186	575
Densidade de potência (W/m ²)	11,72	15,43	15,43	13,93
Consumo anual (MWh)	438	427	410	1.275
Custo anual E. E (R\$)	67.000,00	67.000,00	64.000,00	198.000,00

O consumo estimado para o novo sistema de iluminação é 48% mais baixo que o consumo estimado para o sistema atual. Em um levantamento preliminar de preços constatou-se que cada luminária nova seria instalada por um custo aproximado de R\$ 66,00, incluindo lâmpadas, reatores e mão-de-obra para instalação. O investimento total na aquisição e instalação de 7.994 luminárias corresponderia a R\$ 528 mil, que seriam retornados em 3 anos, frente à economia anual de R\$ 181 mil na conta de energia elétrica da universidade. A Tabela 6 apresenta um resumo do estudo de retrofit proposto.

Tabela 6. Redução na potência instalada e no consumo de energia elétrica nos ambientes analisados.

	Sistema atual	Retrofit	Redução
Potência total (kW)	1.099	575	524
Consumo anual (MWh)	2.429	1.275	1.154
Custo anual E. E (R\$)	379.000,00	198.000,00	181.000,00

A redução de 1,15GWh representa 9,5% do consumo de energia elétrica do campus registrado em 2000 (12,08GWh). A economia de R\$ 181 mil representa 12% do valor anual referente ao medidor da Cidade Universitária e cerca de 7% do total pago por energia elétrica pela UFSC. Considerando-se que 63% (7,61GWh) do consumo anual seja creditado ao sistema de iluminação da UFSC, o retrofit apenas nas salas de aula, administrativas e de professores, provocaria uma redução de 15% no consumo de eletricidade em iluminação no campus.

O retrofit proposto atinge apenas 20% do consumo anual de energia elétrica do campus e proporciona uma economia de 9,5% no consumo total. Caso o retrofit seja estendido a todo o sistema de iluminação, responsável por 63% do consumo anual da Cidade Universitária, a economia pode ser 3 vezes maior, ou seja, quase 30%.

5 CONCLUSÕES

A substituição do sistema de iluminação atual por um sistema mais eficiente, com lâmpadas de 32W e luminárias com refletores de alumínio, nas salas de aula, de professores e administrativas da UFSC proporcionaria uma redução de 9,5% no consumo e 12% na conta de energia elétrica do campus universitário.

O retrofit proposto reduz em 48% uma parcela de 20% do consumo anual do campus, proporcionando uma economia de 9,5%. Se todo o sistema de iluminação da UFSC fosse assim atualizado tecnologicamente, a redução de 48% sobre os 63% consumidos com iluminação proporcionaria uma economia anual de 30% no consumo de energia elétrica da Cidade Universitária.

Para a UFSC, o crescimento do consumo de energia elétrica de um ano para o outro não pode ser creditado apenas ao crescimento da área construída no campus. Outras variáveis de fundamental importância devem ser analisadas, tais como temperatura média mensal, número de dias letivos e eventos ocorridos a cada mês. Todavia, o crescimento vegetativo do consumo nos últimos anos é

facilmente detectado através da elasticidade de 10,5% entre a taxa de crescimento do consumo e da área construída nos últimos 5 anos.

O declínio do consumo de energia no campus a partir do ano 2000 parece refletir o uso de equipamentos mais eficientes nos novos prédios construídos e da influência do Programa de Racionalização do Uso da Energia Elétrica na UFSC (PRUEN). Porém, um levantamento mais detalhado torna-se necessário para a identificação das reais causas dessa retração no consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto nº 3.330, de 6 de janeiro de 2000.** Dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos da Administração Pública Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 26, v. 138, n. 5, 07/01/2000.

BRASIL. **Decreto nº 3.818, de 15 de maio de 2001.** Dispõe sobre as medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 06, v. 139, n.94 – E, 16/05/2001.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para *retrofit* em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, agosto/97, 246 p.

GRASSO, P.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Avaliação energética do edifício sede da teleesc: retrofit do sistema de iluminação e simulação.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 27 a 30 de abril/1998, vol. 2, p 513-522.

LEE, A. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Verificação da eficiência energética de um edifício de escritórios através de simulação computacional: estudo de caso no Departamento de Engenharia Civil da UFSC.** In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, 11 a 14 de novembro/2001, CD-ROM.

MARINOSKI, D. L. **Monitoração do consumo de energia elétrica de edificações.** Construção, Conforto Ambiental e Uso Racional de Energia - Projeto Integrado CNPq. Relatório Final - Bolsa de Iniciação Científica, outubro/2000.

PEDRINI, A. **Desenvolvimento de uma metodologia para calibração do programa DOE-2.1E.** Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, junho/1997.

WESTPHAL, F. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de retrofit no sistema de iluminação.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 27 a 30 de abril/1998, vol. 2, p 429-437.