

# CONSUMO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DA UFRGS

Juan Luis Mascaró, Eng., Dr. em Pesquisa Operacional  
Lucia Elvira Alícia Raffo de Mascaró, Arq., Pós-Dra. em Arquitetura Bioclimática e Meio Ambiente  
Tatiana Antoniazzi Brugalli, Acad. Arq. + Marcus Vinícius Machado Padilha, Acad. Arq.\*  
Departamento de Arquitetura - Faculdade de Arquitetura - UFRGS  
Rua Sarmiento Leite, 320, Centro. CEP 90.050-170 Porto Alegre/RS  
Tel. 55 51 316 3105 Fax 55 51 316 3485 E-mail: mascaro@vortex.ufrgs.br

## RESUMO

O trabalho analisa o consumo energético das universidades brasileiras para averiguar o grau de determinação do clima local e a influência das características projetuais e construtivas. Determina a relação dos costumes dos usuários e as condições ambientais de prédios da UFRGS com o consumo. Identifica e quantifica situações de desperdício energético, principalmente na iluminação artificial de interiores. Através de modelos computacionais e maquetes, estuda a situação presente e as propostas para minimizar problemas de iluminação. Finalmente, apresenta soluções para racionalizar o consumo de energia e melhorar as condições ambientais dos edifícios em estudo.

## ABSTRACT

This paper analysis the energetic consumption in the national universities to verify the degree of determination of local climate and the influence of constructive and design characteristics over them. It determines the connection between user's habits plus environmental conditions of buildings and the consumption. It identifies and quantifies energetic waste situations, mainly artificial lighting of interiors. Through physical and computer models, it studies the actual situation and the proposals to reduce lighting problems. Finally, it shows proposals to rationalize the energy consumption and improve environmental conditions of buildings under research.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a problemática energética relacionada às questões ambientais no Brasil e no mundo tem evidenciado a importância da conservação de energia. Parece importante esboçar aqui a situação energética do Rio Grande do Sul, que serve de referência para avaliar a importância local desta pesquisa.

Na reportagem especial de um jornal local (Zero Hora, 1996) é abordada a crítica situação do consumo de energia elétrica no Estado:

“O risco de blecaute total é uma sombra que paira sobre o Estado desde o início do Plano Real, quando o brasileiro começou a consumir mais aparelhos de tevê, ferros de passar roupa, geladeiras. A produção de energia não acompanhou esse ritmo, e o colapso do sistema de fornecimento é uma ameaça permanente... Um relatório da CEEE informa que em 1995 o sistema operou em risco 3 (o mais alto) durante um período mil vezes maior do que em 1994.”

As universidades são consumidores importantes de energia elétrica. A título de exemplo, pode-se citar a UFRGS: com 22.773 alunos, 2.326 professores e 3.625 funcionários, uma população semelhante à cidade turística de Canela (na serra gaúcha), um orçamento de R\$ 270 milhões (maior que a maioria absoluta dos municípios gaúchos) e um patrimônio que chega a R\$ 500 milhões em prédios e equipamentos, é uma das maiores instituições do Estado. São mais de 300 prédios, distribuídos em quatro Campi, com 291.936m<sup>2</sup> de área construída, 800 laboratórios, 603 salas especiais e 30 bibliotecas; 46 cursos de graduação e 77 de pós-graduação. Em 1995, apresentou um consumo de energia elétrica no valor aproximado de 5,18 milhões de Kwh e demanda de cerca de 3,4 mil Kwh.

Um dos intuitos deste trabalho foi verificar as origens do consumo energético das universidades brasileiras, comparando situações e verificando hipóteses. Porém, o principal objetivo foi, através do estudo de caso da UFRGS, avaliar a situação energética ambiental e identificar o potencial de conservação de energia existente nos usos finais. Para verificar o desempenho ambiental e o nível de satisfação dos usuários de ambientes típicos (salas de aula e ateliês), utilizou-se a metodologia simplificada da avaliação pós-ocupação, visando considerar e contemplar a figura do usuário que, em última análise, é a razão do aprimoramento de nossa arquitetura e da elevação da qualidade de nossos espaços e ambientes construídos. Também foram feitas simulações computacionais e maquetes para os estudos de caso analisados, para verificar o efeito de modificações de projeto no desempenho energético total.

A pesquisa finaliza com um diagnóstico da situação atual da UFRGS e com o lançamento de estratégias para racionalizar o consumo de energia elétrica.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada consta de vários procedimentos:

a) *Macro análise*. Nesta etapa inicial, realizou-se uma enquete nas universidades, a nível nacional, sobre dados específicos: consumo e demanda de energia elétrica, número de alunos por universidade, horários de funcionamento, área construída e suas características e clima local, analisando principalmente as variações sazonais.

b) *Estudo de caso*. Foram levantadas as características físicas de três edifícios da UFRGS, destacando os aspectos referentes ao conforto ambiental e à conservação de energia.

c) *Avaliação de sistemas iluminação natural e artificial*. Foram analisadas as aberturas (forma, dimensão, funcionamento...) e elementos de proteção, refletindo sobre sua eficiência e contribuição na iluminação natural da sala, além de orientação e entorno. Quanto à iluminação artificial, foi verificada a flexibilidade das instalações existentes, seu estado de conservação (pois influencia no consumo), o tipo de lâmpadas empregadas, os circuitos elétricos (únicos ou setorizados conforme as diferentes zonas da sala).

d) *Levantamento de dados junto aos usuários*. Observou-se seu comportamento em situações específicas (registradas através de notas e fotografias) de frio e calor: opinião sobre os ambientes que usa em relação ao excesso ou carência de iluminação e outras situações de desconforto.

e) *Simulações computacionais*. Verificou-se a eficiência das propostas realizadas.

f) *Estudo em maquetes*. Verificou-se a eficiência das propostas realizadas.

## O CONSUMO DE ENERGIA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

Desde 1995, foram inúmeras as situações em que soaram os alarmes do Centro de Operações de Sistemas da Companhia de Energia Elétrica do Estado e, nesta situação, a providência tomada pelos técnicos foi o corte de energia de várias cidades a fim de evitar o blecaute, que seria desastroso.

Foi acertada com o presidente argentino, Carlos Menem, a construção de uma usina térmica a gás em Uruguaiana e a instalação de uma estação de conversão de frequência em Garabi, quer permitirá a compra de energia argentina. Até a situação ser devidamente regularizada, a CEEE deverá manter os cortes compulsórios e promover campanhas de economia.

O Rio Grande do Sul produz somente 40% da energia que consome, gastando em torno de R\$ 350 milhões anuais para comprar o restante. Valor este que, de acordo com o presidente da estatal, Pedro Bisch Neto, equivaleria à construção de uma termelétrica por ano.

O Estado está à frente de um grande desafio que é, a curto prazo, estabilizar demanda e consumo de energia e, a médio prazo, proporcionar a infra-estrutura necessária aos novos empreendimentos industriais, essenciais ao seu crescimento econômico.

O presente trabalho incorpora-se a este desafio na medida em que visa diminuir a demanda e o consumo de energia elétrica na UFRGS, importante consumidor local.

## AVALIAÇÃO DOS CONSUMO ESPECÍFICOS

**Tabela 1. Resumo dos consumo específicos**

Consumo específicos: resultados obtidos na macro análise (valores médios)		Unidades de referência		
		Universidades Federais	Universidades Estaduais	Universidades Privadas
Com relação à área edificada (kWh/mês/m <sup>2</sup> )	Maior consumo	7,95 (UFES)	4,54 (USP)	28,0 (ULBRA)
	Menor consumo	0,19 (UFMA)	0,003 (UEL)	0,060 (PUC/RS)
	Média	4,07	2,27	14,03
Com relação ao número de usuários (kWh/mês/usuário)	Maior consumo	110,56 (UFSC)	30,41 (UDESC)	28,78 (USF)
	Menor consumo	6,75 (UFMA)	0,038 (UEL)	0,7 (PUC/RS)
	Média	58,65	15,25	14,74
Com relação à região (kWh/mês)	Maior consumo	1.484.497 (UFSC)	4.687.406 (USP)	378.286 (PUC/RS)
	Menor consumo	27.360 (UFOP)	427,14 (UEL)	5.720 (IPE)
	Média	755.928,50	2.343.916,5	192.003

A análise da Tabela 1 mostra que a UFRGS não está entre aquelas que apresentam valores máximos ou mínimos para os três aspectos comparados. Os consumos de energia elétrica por aluno das universidades privadas da região sul são os maiores, da ordem de 14 kWh/mês/m<sup>2</sup>. Já nos consumos por aluno são as universidades federais as que apresentam valores maiores, da ordem de 58,65 kWh/mês/usuário, média essa formada por valores muito altos e muito baixos, em regiões climáticas diferentes. Quando comparadas regionalmente, o maior consumo aparece nas regiões sudeste e sul, com quase um terço de seu consumo.

Os menores consumos correspondem a Universidades Federais do interior dos Estados. Pôde-se concluir que o consumo não é definido apenas por um tipo de clima e nem por área construída, pois depende muito de outros fatores, como qualidade da construção, tipo de iluminação e de equipamentos em uso, assim como dos costumes.

## ESTUDO DE CASO: UFRGS

No estudo de caso da UFRGS foram avaliados: a) as condições ambientais e o consumo de três prédios, localizados em dois Campi; b) as características de projeto e execução das instalações; c) a manutenção e as condições de serviço das instalações; d) os usos dos espaços iluminados; e) o grau de satisfação dos usuários.

A seguir, serão descritos alguns dos itens citados para o caso da Faculdade de Arquitetura.

### DEMANDAS E CONSUMO

O consumo de energia elétrica da FA-UFRGS é de 39.494,36 kW/mês, o que representa 3,95% do consumo da UFRGS. Comparando o consumo por metro quadrado da FA, que é de 6,7 kWh/m<sup>2</sup>/mês, com o da UFRGS, que é de 3,7 kWh/m<sup>2</sup>/mês verifica-se que a Faculdade consome 81% a mais que a Universidade. O alto consumo deve-se aos numerosos problemas de projeto arquitetônico constatados, e ao uso intensivo das instalações durante os turnos da manhã e, principalmente, da noite.

Quando comparada com a FAU-USP, cujo consumo é de 3,4 kWh/m<sup>2</sup>/mês, constata-se que é quase o dobro; esta situação justifica-se pelo partido arquitetônico adotado na FAU-USP, muito pouco compacto (influência do projeto arquitetônico no consumo de energia elétrica).

### MEDIÇÕES AMBIENTAIS

As medições ambientais dos espaços internos dos edifícios estudados apresentaram resultados muito pouco satisfatórios. No prédio da FA-UFRGS (fig. 03), as situações de iluminância natural adequadas são as mínimas, acontecendo no outono e no inverno, apenas uma vez na primavera; considerando-se não somente a iluminância, mas também a distribuição da luz e os contrastes no ambiente medido. Este critério vale, também, para a condição de aceitável, que aparece com muito pouca frequência neste estudo. Condições ambientais adequadas à temperatura e umidade relativa do ar foram registradas somente nos equinócios, tanto no outono como na primavera, quando o clima local é agradável.

Deve-se à situação ambiental instável o grande aumento no consumo de energia elétrica (registrado entre o início e o fim da pesquisa), uma vez que a única solução para enfrentar o desconforto foi o uso de climatização artificial (nos gabinetes administrativos e de pesquisa) e de iluminação artificial permanente em todos os ambientes, como consequência, em alguns locais, das péssimas condições de iluminação natural (justamente em um prédio solto, sem um entorno comprometedor) e em outros da perda de luz produzidas por protetores solares improvisados.

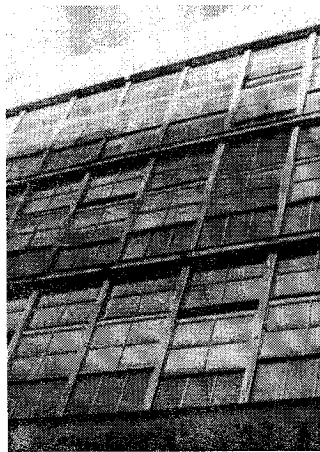


Figura 1. Fachada norte da FA-UFRGS



Figura 2. Iluminância de uma sala de aula

### A OPINIÃO DOS USUÁRIOS

O problema mais contundente, de acordo com a enquete realizada, é a questão do ruído externo proveniente da Rua Sarmento Leite, via que constitui importante acesso à cidade, possuindo, portanto, um tráfego bastante intenso, principalmente nos horários de pico. A seguir, a principal constatação é a inadequação do conforto térmico da sala. A comparação entre inverno/frio e verão/quente é muito frequente, assim como a ênfase sobre as condições de verão mais desagradáveis que as de inverno. Foram feitas várias referências ao fato de as condições de temperatura externa e interna serem praticamente as mesmas, o que revela problemas de isolamento térmico. Sobre a questão da ventilação, foi observada a necessidade de manter a porta da sala aberta para a formação de corrente de ar, o que, por sua vez, ocasiona problemas acústicos. De uma maneira geral, as salas foram classificadas como ambientes desagradáveis e inadequados ao uso, reforçando o resultado das medições ambientais.

## ORIGENS DO DESPÉRDICIO ENERGÉTICO VERIFICADO NA ILUMINAÇÃO

a) *Emprego generalizado de lâmpadas de alto consumo*: as instalações, no caso da FA-UFRGS, são compostas, principalmente, por lâmpadas fluorescentes de 40W, representando mais de 80% da potência instalada, chamando a atenção a quase inexistência de lâmpadas fluorescentes de 18W, 36W e 58W no lugar das de 20W, 40W e 60W.

b) *Manutenção*: o sistema de manutenção é eminentemente corretivo, pois a substituição de lâmpadas ocorre de forma pontual e somente quando as condições de trabalho alcançam alto grau de deterioração. A limpeza das luminárias, quando existe, não faz parte do procedimento rotineiro. Os circuitos elétricos com falhas energéticas (que não produzem luz mas consomem energia) não são concertados, exceto com muita insistência dos usuários. Não há especificação de componentes: a reposição de peças é feita conforme o menor preço, sendo os componentes de baixa qualidade (com as consequências previsíveis de mau funcionamento e riscos diversos)

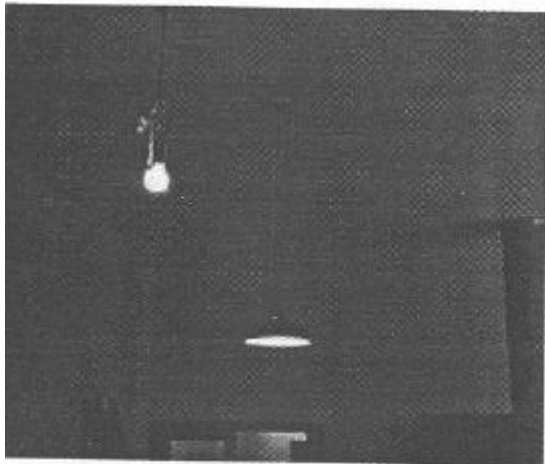


Figura 3. Diretório Acadêmico da FA-UFRGS (12/96)

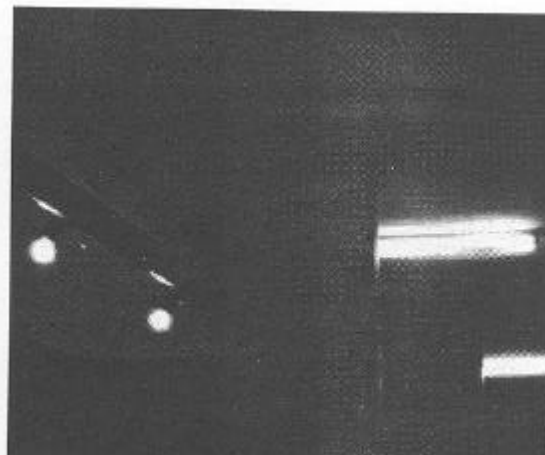


Figura 4. Saguão da FA-UFRGS (12/96)

c) *Uso "incorreto" da iluminação*: dos dados compilados e observações realizadas, verificou-se um padrão de uso da iluminação artificial extremamente rotineiro, tanto nos gabinetes de trabalho e salas de aula como nas circulações. Isto decorre de um comportamento também marcadamente rotineiro - no começo da jornada diária as luzes são acesas, permanecendo assim até o seu final, quando são apagadas. A demanda de iluminação é quase inelástica, já que a correlação entre a contribuição da luz natural e o padrão de ocupação dos locais é quase inexistente, indicando a pouca preocupação conservacionista dos usuários, assim como dos administradores e projetistas. A grande depreciação da instalação, especialmente em alguns grupos de consumo, ameniza bastante o impacto do mau uso da energia elétrica; entretanto, a contrapartida desta situação é a baixa qualidade do serviço que se oferece em lugares que exigem boa iluminação.

d) *Desperdício energético devido ao fator ocupacional*: Considerou-se a energia dissipada pelas luzes acesas somente em gabinetes de trabalho e salas de aula (excluídas as circulações). Desta maneira, deprecia-se o desperdício devido ao uso parcial dos locais, ou seja, locais semi-ocupados onde uma parte das luzes poderia ser apagada sem interferir nas atividades. Por enquanto, não há um procedimento simples para avaliar o desperdício por ocupação dos locais.

É preciso diferenciar o desperdício por fator ocupacional que se produz durante a jornada de trabalho daquele que acontece fora dela. No primeiro caso, entende-se que os ocupantes abandonaram momentaneamente seus lugares de trabalho, deixando, por motivos diversos, as luzes acesas. Esses fatores podem ser, entre outros:

- o usuário se afasta de seu ponto de trabalho acreditando que retorna em breve;
- o local é de uso múltiplo, diluindo-se a responsabilidade pelo controle da iluminação;
- o local é de uso múltiplo e falta flexibilidade na instalação de forma a permitir desligar as luzes dos setores desocupados, sem afetar o resto dos usuários.

No segundo caso, as luzes ficam acesas ao abandonar definitivamente os locais e assim permanecem até o início da próxima jornada de trabalho. Esta diferenciação é necessária para proceder a quantificação de cada um deles.

e) *Falta de flexibilidade da instalação*: quer seja por projetos luminotécnicos que descuidam deste aspecto ou pela criação de novos espaços mediante subdivisão dos existentes sem modificar a distribuição original da instalação elétrica, um número importante de locais não tem circuitos de iluminação independente ou compartilham uma mesma instalação com locais adjacentes. Trata-se de instalações sem a flexibilidade que permite energizar somente os circuitos dos locais ocupados, sendo uma causa importante do mau uso da energia elétrica. Quantificar a incidência da falta de flexibilidade no desperdício energético é uma tarefa difícil; pesquisaremos um método para fazê-lo.

## A ESTRATÉGIA PROPOSTA

Para adaptar a decisão final sobre o Programa de Conservação de Energia a ser proposto a UFRGS, foram analisados não somente os resultados obtidos na pesquisa, mas também as propostas de outras pesquisas existentes sobre o tema, com o objetivo de avaliar os critérios de formulação de políticas e recomendações usadas. Porém, grande parte das estratégias propostas nesses trabalhos (e na maioria de outros trabalhos sobre o tema) são as clássicas e grande parte delas seriam de difícil aplicação na UFRGS sem um pleno debate que discutisse quais seriam os procedimentos mais adequados à atual situação da Universidade, obtendo consenso para sua aplicação.

Entretanto, acredita-se, com base em estudo próprio, que uma estratégia básica e de aplicação imediata é *A Mudança no Regime de Uso* (ROMERO, 1996), que afirma que:

“... a garantia de êxito na implantação de mudanças no regime de uso deve-se à existência de alguns fatores condicionantes, a saber: campanha massiva de conscientização dos usuários professores, alunos e funcionários...”

Não há dúvida que a primeira é, talvez, a mais importante estratégia a ser proposta. Ela é necessária tanto pelos benefícios diretos para a consumidora universidade quanto pelos outros impactos (por exemplo, os ambientais).

É opinião da equipe de pesquisa que a factibilidade de um Programa de Conservação de Energia passa por assegurar os meios necessários para sua implementação e sustentabilidade, que significa a formação de quadros que permitam concretizar e continuar melhorando o Programa aprovado. A elaboração desse Programa deve envolver estudos de projeto arquitetônico dos edifícios universitários que usem os princípios de adequação ao clima local e ao uso racional de energia, enfatizando um melhor aproveitamento da iluminação e da ventilação natural (este aspecto ficou muito mais claro nesta pesquisa). Um estudo de viabilidade econômica que contemple um programa de substituição de equipamentos pouco eficientes mostra-se indispensável.

Certamente, será impossível encarar de uma vez só todos os aspectos inerentes à conservação de energia. Assim sendo, a UFRGS, pelo seu tamanho e volume de atividades, deverá definir prioridades e caracterizar importâncias com relação ao tecnicamente possível, economicamente viável e, até mesmo, ao tempo de implantação.

O Programa de Conservação de Energia detalhado será elaborado em conjunto com a Reitoria da UFRGS, atendendo às possibilidades (e vontades) reais da Universidade. Por decisão da equipe de pesquisa, este tema não foi elaborado, por considerar que seria uma proposta teórica, que pouco ajudaria na tomada de decisões no momento de trabalho conjunto com a cúpula universitária.

## PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Foram elaboradas as propostas de intervenção na Faculdade de Arquitetura, no Instituto de Matemática e Física e nos novos edifícios a serem construídos no Campus do Vale, ambas testadas (através de simulações computacionais e/ou maquetes) e comparadas com a situação atual. Tal processo foi devidamente documentado e amplamente discutido com profissionais da área técnica da Universidade e docentes com função administrativa. A equipe espera levar adiante o trabalho iniciado com esta pesquisa e pretende dedicar-se para tornar possível a execução das propostas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\* Equipe de pesquisa (atual): Fabiano A. F. de Andrade, Giane C. Grigoletti, Gladimir N. A. Dutra, além dos dois inscritos neste trabalho.

MASCARÓ, Juan & Lucia; Equipe de Pesquisa. *Consumo Energético de Edifícios Universitários e seu Planejamento visando ao Uso Racional: o Caso da UFRGS*. Porto Alegre: FA-UFRGS, 1997. Relatório Final de Pesquisa.

*Rio Grande do Sul Pode Ficar no Escuro*. Zero Hora. Porto Alegre: 10/4/96.

ROMERO, Marcelo de A. et al. *Programa estratégico de conservação de energia elétrica*. Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 1994. Relatório Final.

