



## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PARQUE CONSTRUÍDO DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO - RS

**Marcos Antonio Leite Frandoloso (1), Luciana Londero Brandli (2), Fernando Alves Couto(3);  
Paola D. Wilder (4)**

(1) Faculdade de Engenharia e Arquitetura, UPF, Brasil. E-mail: frandoloso@upf.br;

(2) Faculdade de Engenharia e Arquitetura, UPF, Brasil. E-mail: brandli@upf.br;

(3) Curso de Arquitetura e Urbanismo, UPF, Brasil. E-mail: fe.fo.alves@hotmail.com

(4) Curso de Arquitetura e Urbanismo, UPF, Brasil. E-mail: paoladw@hotmail.com

### RESUMO

A pesquisa avalia o desempenho térmico dos edifícios universitários, neste caso da Universidade de Passo Fundo (UPF) – RS, relacionando-o à eficiência energética e conforto térmico dos usuários. Apresenta como objetivo geral evidenciar os conceitos da sustentabilidade no planejamento das estruturas físicas das IES (Instituições de Ensino Superior), reforçando a responsabilidade das Universidades frente ao desenvolvimento sustentável; especificamente busca identificar os fatores que estão relacionados com a eco-eficiência do parque construído da UPF. A partir da identificação dos fatores que incidem no desempenho térmico e no consumo de energia dos edifícios universitários, propõe-se uma metodologia que permita estabelecer diretrizes para a otimização do uso dos recursos naturais. O estudo foi desenvolvido em dois edifícios da FEAR, representativos das tipologias construtivas existentes no Campus I, a partir do inventário dos dados estáticos - referentes às características gerais dos edifícios e dos espaços internos e a caracterização das instalações, e dados dinâmicos para a identificação do padrão de uso e ocupação dos espaços; estas informações foram analisadas com base nos dados obtidos no monitoramento do consumo de energia (sistemas on-line e analógico) e dos dados de temperatura e umidade relativa dos ambientes internos (data-loggers). Os resultados obtidos permitem a identificação dos pontos positivos e negativos de ambos os edifícios, futuramente será desenvolvida a proposição de um instrumento operativo para a melhoria do desempenho dos demais edifícios existentes e a proposição de padrões de referência para a eco-eficiência de novas infra-estruturas (campi e edifícios).

**Palavras-chave:** planejamento de edifícios universitários, construção sustentável, eficiência energética, desempenho térmico, desenvolvimento sustentável.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho energético e térmico do parque construído da Universidade de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul, a fim de propor estratégias para a inclusão dos critérios ambientais e energéticos no planejamento de novas instalações, seja de edifícios isolados ou mesmo para os seus sete *campi*, e assim, incorporar tais diretrizes em um programa institucional de gestão ambiental e de inclusão do desenvolvimento sustentável, em termos administrativos e pedagógicos, incluindo tais princípios em todas as suas atividades cotidianas (graduação, pesquisa, extensão e administração).

Diversos indicadores permitem avaliar o nível de atendimento aos conceitos de sustentabilidade, dentre estes Kibert (2005; p. 41-42) menciona a *eco-eficiência*, a qual inclui a análise de impactos ambientais e custos como fatores de avaliação da eficiência administrativa de instituições ou empresas; o autor cita o *World Business Council on Sustainable Development* – WBCSD, o qual define sete elementos articulados para alcançar a eco-eficiência, dentre eles a redução da intensidade de energia nos bens e serviços.

A eficiência ambiental é vista no campo empresarial como um fator de redução de custos e de aumento de competitividade, porém, incorporando o terceiro pilar da sustentabilidade, os fatores sociais. De acordo com o WBCSD (BCSD PORTUGAL, 2000, p.4) a eco-eficiência pode ser atingida através de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e que simultaneamente reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida.

Cabe mencionar que ser eficiente significa alcançar os objetivos propostos; nesse sentido o alcance da eficiência energética ocorre quando se obtêm os objetivos empregando para tanto a menor quantidade de recursos possível, ou seja, um edifício eficiente em termos energéticos deve realizar todas as suas atividades com o menor consumo possível de eletricidade, e de maneira mais abrangente, de todas os demais insumos que utilize.

Ainda que para as Instituições de Ensino Superior (IES) as questões econômica e administrativa sejam complementares à formação acadêmica, estes aspectos revelam-se de grande importância para a gestão administrativa, não apenas para as IES particulares, mas também para as públicas, já que a redução de custos energéticos pode ser revertida em investimentos em outras áreas.

Cabe ainda mencionar que os edifícios contribuem com aproximadamente 40% do consumo de energia primária global e com 35% das emissões de gases do efeito estufa; segundo o WBCSD (BCSD PORTUGAL, 2007, p.11) 84% da utilização energética ocorrem na fase operacional do tempo de vida de um edifício.

De acordo com Brandli et al. (2008) as IES podem ser comparadas com pequenos núcleos urbanos, apresentando em muitos casos complexas infra-estruturas para o seu funcionamento, o que demanda recursos naturais e geram impactos ambientais. No caso da UPF, por exemplo, em agosto de 2009, o consumo de energia superou 314.000 kWh, o que corresponde a aproximadamente 3 mil residências com 4 moradores, ou seja, similar a uma cidade de 12.000 habitantes.

Neste sentido, a eficiência energética é um dos elementos de fácil implementação das estratégias da eco-eficiência e da construção sustentável nas IES, especialmente pela justificativa de seus impactos econômicos, objeto de diversos estudos, sendo referência nacional o Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia - PUREUSP (USP, 2009); criado em 1997 para obter dados sobre o consumo em todos os seus 7 *campi*, identificou um consumo per capita de 1.160,2 kWh/ano para 2008, o que levou a formulação da meta de redução 20% de economia no consumo mensal de energia elétrica, porém aliado à continuidade das atividades fins da universidade.

## 2 METODOLOGIA

Para a análise do desempenho térmico e energético dos edifícios de referência foi adotada a metodologia de Auditorias Energéticas adotadas no parque construído da Universitat Politècnica de

Catalunya - UPC (LÓPEZ PLAZAS, 2006; BOSCH et al., 2007), as quais permitem caracterizar cada edifício relacionando as diferentes fontes de energia com seus respectivos usos. Esta caracterização é obtida a partir da compilação de informações diferenciadas em dois tipos: os dados estáticos e os dados dinâmicos; as auditorias energéticas apresentam como premissa a integração de três tipos de fatores: a demanda, o rendimento das instalações e a gestão de uso e ocupação.

Para a aplicação desta metodologia na Universidade de Passo Fundo (FRANDOLOSO et al., 2009), inicialmente foi elaborada a caracterização do Campus I, campus principal com 341ha, bem como verificada a atual situação do uso de energia no mesmo. De acordo com o parque construído existente, foram selecionados dois edifícios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEAR) – Figura 1, representativos das diversas tipologias construtivas do Campus I: o edifício G1, edifício administrativo e de ensino da FEAR – Figura 1a, e o edifício L1, do Curso de Engenharia de Alimentos e do Centro de Pesquisa Agroindustrial da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (CEPA-FAMV), que conta com laboratórios e salas de aulas – Figura 1b.

Paralelamente, as condições reais dos edifícios foram coletadas a partir de planilhas, equipamentos de medições de temperatura e umidade (Data-loggers da marca *Testo*, modelos 175-H2 e 175-T1), medidores de energia analógicos e programa computacional (*SmartGate M - Gestal*); a análise comparativa dos ganhos térmicos foi obtida por meio da aplicação do programa computacional *DesignBuilder* (2009).



**FIGURA 1** - a. Edifício G1, fachada norte; b. Edifício L1, fachada norte.

### 3 A UPF E O USO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

A Universidade de Passo Fundo apresenta uma estrutura *multicampi* no norte do estado do Rio Grande do Sul; o campus principal, Campus I, localizado em Passo Fundo, tem uma área superficial de 341ha, com de cerca de 22.000 usuários entre alunos, professores e funcionários.

Em estudos anteriores (BRANDLI et al., 2007; 2008; FRANDOLOSO et al., 2008) identificou-se que nas ações ambientais da UPF incluem-se a gestão do consumo energético dos *campi* e respectivos impactos econômicos, em especial do Campus I, bem como medidas decorrentes como a instalação de grupo gerador e, mais recentemente de um sistema informatizado para o monitoramento do consumo energético.

O consumo de energia no Campus I correspondeu a 84,26% do total da UPF no ano de 2008, tornando-se relevante o estudo de instrumentos de controle e gestão energética e consequentemente permitindo o controle financeiro. A Tabela 1 apresenta as variações no parque construído e o consumo energético e respectivos custos.

Percebe-se que a expansão da estrutura física é constante para o período a partir de 2004, entretanto, apresentou um crescimento significativo da área construída entre 2005 e 2006 (8,41%). Por outro lado, o consumo apresentou um decréscimo de 7,76%, com uma economia de mais de 45% no valor da fatura de energia elétrica, devido à instalação de um sistema de geração própria, para suprir não apenas as faltas de fornecimento da concessionária de energia elétrica, mas também permitiu o enquadramento na modalidade “energia interruptível”, no horário de ponto (entre às 18h00min e

21h00min), com a redução de tarifas.

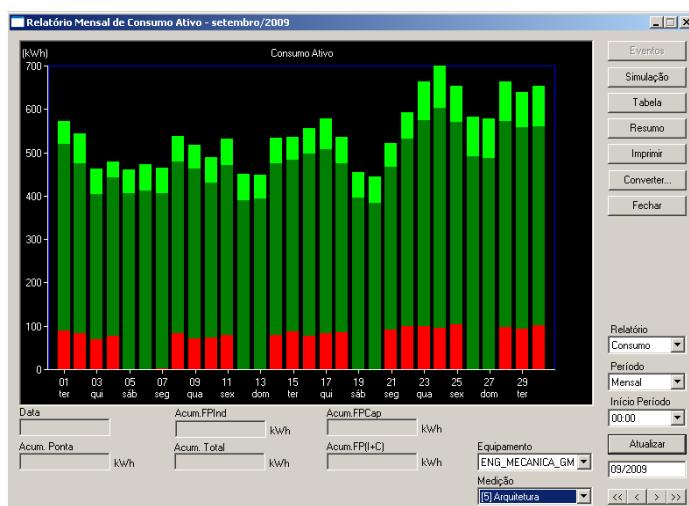
**TABELA 1** - Comparação do parque construído, consumo de energia elétrica e custos - 2004-2009. Fonte: a partir de dados fornecidos pelo Setor de Conservação do Campus – UPF.

	<b>Área construída (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Custo (mil R\$)</b>
<b>2004</b>	88.987,99	3.914.408	1.557,56
<b>2005</b>	90.735,15	3.981.060	1.912,87
Acréscimo 2005/2004 (%)	1,96	1,70	22,81
<b>2006</b>	99.071,34	3.694.457	1.314,78
Acréscimo 2006/2005 (%)	9,19	-7,20	-31,27
<b>2007</b>	99.147,84	4.421.650	1.439,72
Acréscimo 2007/2006 (%)	0,08	19,68	9,50
<b>2008</b>	103.293,84	4.422.510	1.384,08
Acréscimo 2008/2007 (%)	4,18	0,02	-3,86
<b>2009</b>	108.104,47	5.490.587	2.214,30
Acréscimo 2009/2008 (%)	4,66	24,15	59,98

Para os anos seguintes a ampliação da estrutura física manteve-se dentro dos percentuais de até 4,66%, no entanto o consumo de energia apresentou diferenças consideráveis.

No período de 2008/2009 houve uma redução de custos e a estabilização de consumo de energia elétrica, no entanto, a crescente demanda devido ao aumento no número de matrículas da UPF no ano de 2009, bem com o aumento de informatização de todas as atividades administrativas e acadêmicas e, em especial, no incremento do uso de condicionadores de ar em laboratórios, fez com que o consumo aumentasse em 24,15%, correspondente ao aumento nos custos em aproximadamente 60%, visto que também incidiu para o período a diferenciação de subsídios da concessionária para o uso da geração própria.

Dentre as medidas de racionalização do uso de energia adotadas está a substituição de lâmpadas e reatores dos edifícios antigos, por equipamentos mais eficientes, critérios estes já incluídos nos novos edifícios. Ainda estão sendo implementadas campanhas de conscientização de usuários de toda a comunidade universitária sobre o uso racional de energia elétrica, através do projeto “Zé Cidadão” pelos Grupos de Excelência em Prestação de Serviços (GEPS).



**FIGURA 2** – Gráfico de consumo diário edifício G1- setembro/2009 – SmartGate M.

Cabe mencionar que até junho de 2009 o controle de consumo era centralizado, não havendo o seguimento por unidade ou edifício isoladamente. A partir desse momento foi implantado um sistema descentralizado (*SmartGate M* - GESTAL, 2009), com a instalação de equipamentos em cada uma das

unidades consumidoras que permitem um controle e monitoramento on-line, passível de detecção de problemas específicos.

Como exemplo da formatação dos dados, na figura 2 apresenta-se os resultados de consumo ativo diário para o mês de setembro de 2009, onde se observa uma redução do consumo para os finais de semana, porém ainda com valores em torno de 450kWh, tendo em vista a permanência de funcionamento de parte dos equipamentos de laboratório. As linhas em verde claro e escuro representam o consumo dentro dos limites definidos pela tarifação horo-sazonal contratados, no entanto, para a maioria dos dias úteis estes limites são superados nas horas de ponta, demonstrados pelas linhas vermelhas, daí decorrendo custos extras.

Atualmente o sistema permite a gestão de consumo de energia daquelas unidades identificadas como de alto consumo em horários de pico e tarifação diferenciada, como auditórios, centro de eventos e de convivência, monitorando quando são ultrapassados limites pré-estabelecidos, inclusive com a possibilidade de desligamento destas instalações ou ativando os equipamentos de geração própria de energia, alternativa encontrada para frear o aumento de consumo e dos custos identificados para o ano de 2009, conforme Tabela 1.

## 4 RESULTADOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

### 4.1 Coleta dos dados estáticos

Na primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida a coleta dos dados estáticos, com a caracterização geral dos edifícios e de seus espaços internos, apresentando as características construtivas e arquitetônicas (FRANDOLOSO et al., 2008; 2009), e a caracterização das instalações, cujos dados foram coletados em fichas de levantamento específicas, observando-se os projetos arquitetônicos e memoriais descritivos fornecidos pelo Setor de Projetos, bem como a conferência destas informações *as-built*.

A coleta dos dados referentes às instalações permitiu a definição da demanda energética teórica dos edifícios, apresentada na Tabela 2:

**TABELA 2** - Dados estáticos: caracterização da demanda energética teórica (FRANDOLOSO, 2008).

Ed.	Superfície útil (m <sup>2</sup> )	Ocupação teórica (pessoas)	Superfície condicionada (m <sup>2</sup> )	Potência condicionamento (%)	Potência Equipamentos (%)	Potência iluminação (%)	Potência instalada (kW)	Densidade (W/m <sup>2</sup> )
L1	3.389,77	645	988,70	26,73	65,96	7,31	520,89	153,66
G1	2.696,56	799	343,03	32,23	56,36	11,41	329,55	122,21

A Tabela 2 mostra que a demanda energética para equipamentos apresenta-se com mais de 65% no L1, isto se deve à grande densidade de potência nos laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos e CEPA, específicos para o controle de qualidade de alimentos como leite e outros produtos de origem animal que demandam, além da alta potência dos equipamentos, um controle de temperatura dos ambientes internos; por outro lado, a pequena porcentagem relativa à iluminação está relacionada ao fato de ser um edifício de construção mais recente, com a utilização de lâmpadas (32W) e reatores mais eficientes.

Quanto ao edifício G1, a existência do Laboratório de Informática da FEAR implica em que se apresente com cerca de 56% de potência para equipamentos; por ser o edifício de construção mais antiga, utiliza ainda lâmpadas de grande consumo (110W) e baixo rendimento lumínico o que resulta em 11,41% do total.

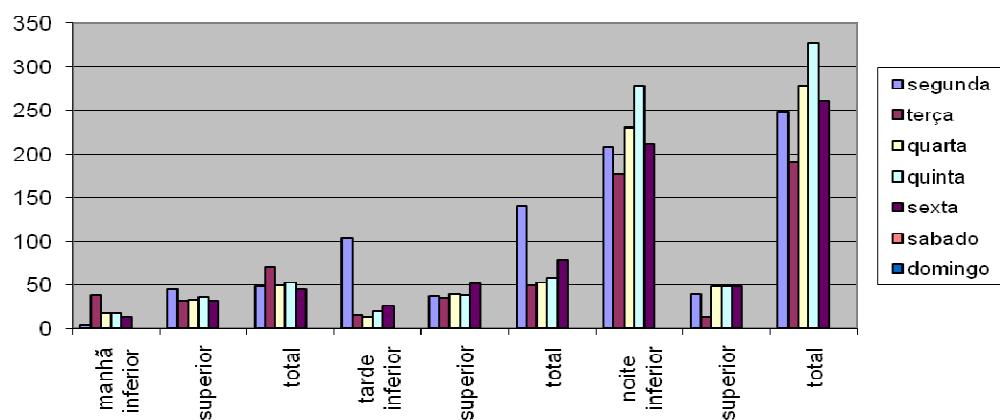
Em ambos os edifícios a área condicionada, restrita basicamente a alguns laboratórios com requisitos de controle de temperatura, correspondente a 29,17% no L1 e apenas 12,72% no G1, o que resulta em um consumo de energia abaixo da demanda térmica realmente necessária para suprir as condições de conforto ideais, quando comparada com a análise do desempenho térmico.

## 4.2 Coleta dos dados dinâmicos

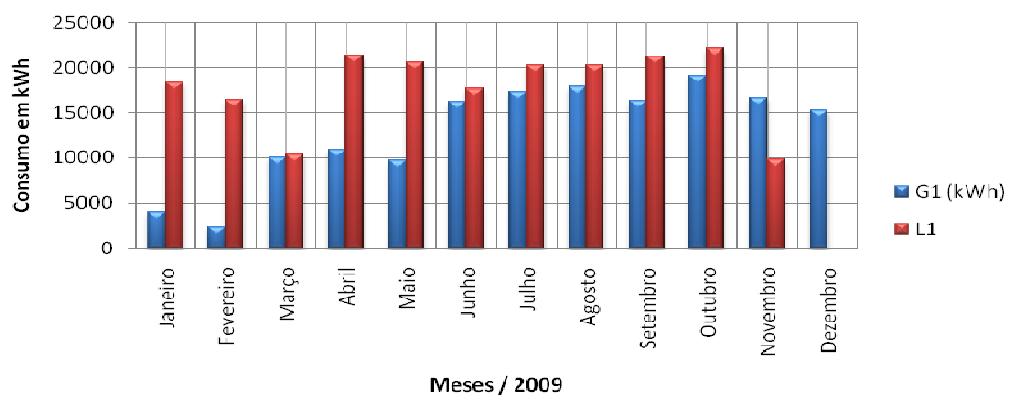
Para os dados dinâmicos, ou seja, aqueles variáveis de acordo com o tempo, o perfil de uso e ocupação dos espaços do edifício L1 foi coletado em fichas de levantamento específicas. Nesta etapa, além dos perfis de uso, o levantamento da ocupação identificou uma ocupação teórica de 799 (G1) e 645 (L1) usuários, com base na capacidade máxima das salas de aula por turnos e laboratórios práticos (informática e aulas) e na ocupação real dos laboratórios especializados do edifício L1.

No entanto, o levantamento da ocupação do edifício L1 (Figura 3) demonstra que a maior ocupação está concentrada no período noturno, pelas características dos cursos que se utilizam das salas de aula, este mesmo perfil de ocupação é observado nos semestres seguintes. No período diurno, em especial pelas manhãs, o uso é essencialmente pelos laboratórios do CEPA, que apresentam serviços externos à universidade (SARLE - análise da qualidade de leite, por exemplo), com equipamentos de funcionamento permanente.

Sobre o consumo de energia elétrica, o primeiro nível de coleta de dados foi tomado a partir da leitura do consumo de energia diretamente em contadores analógicos, de modo a registrar os consumos de diários, semanais e/ou mensais, através do uso de planilhas eletrônicas, tabelas e gráficos, com início em outubro de 2008; a partir de junho de 2009 os dados passaram a ser obtidos com o sistema *SmartGate M*. Comparando-se os dados obtidos com as duas ferramentas (análogica e on-line), pode se afirmar que os percentuais de diferença estão em um nível aceitável (menor de 1% de diferença).



**FIGURA 3** - Ocupação (número de usuários) do edifício L1 – ago-nov 2007 (FRANDOLOSO et al., 2008).



**FIGURA 4** – Gráfico de consumo de energia elétrica comparativo em 2009.

A análise do consumo mensal de ambos os edifícios para o ano de 2009, conforme Figura 4, ratifica a interferência do uso e ocupação de cada um dos edifícios, especialmente nos meses de verão, já que embora com as atividades administrativas reduzidas e o recesso escolar, o edifício L1 segue com um alto consumo devido aos laboratórios com funcionamento contínuo – SARLE, bem como a necessidade de maior aporte energético para as instalações de ar condicionado destes mesmos laboratórios nos períodos de calor e maior radiação solar.

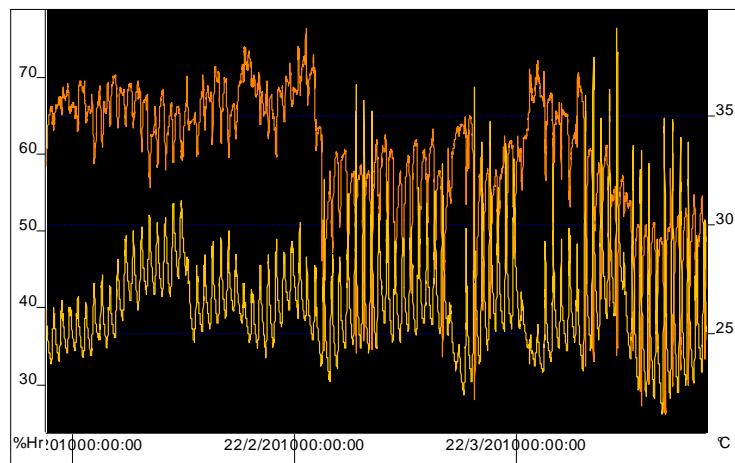
## 5 RESULTADOS DE DESEMPENHO TÉRMICO

### 5.1 Coleta dos dados estáticos

Quanto à caracterização da envoltória dos edifícios em estudo, o prédio G1 foi executado com paredes de 14 cm de tijolos de 21 furos, aparentes externamente e rebocados internamente, com estrutura mista de concreto pré-moldado e vigas e lajes moldadas in-loco, tetos de chapas de poliestireno expandido com 15 mm no pavimento superior. Já o prédio L1 foi construído com paredes de 24 cm constituídas por tijolos de 21 furos aparentes na face externa da parede e tijolos maciços com reboco interno, com lajes de concreto tanto no pavimento térreo como superior, além de rebaixos de pés-direitos com placas de gesso.

Estas características resultam em coeficientes globais de transmissão térmica das paredes  $U=1,255\text{W/m}^2\text{K}$  no G1 e  $U=1,105\text{W/m}^2\text{K}$  no L1, transmitâncias térmicas calculadas com a aplicação do programa DesignBuilder (2009); comparadas com as prescrições da NBR 15220 (ABNT, 2005), as transmitâncias térmicas mínimas dos muros exteriores estão abaixo de  $3,00\text{W/m}^2\text{K}$ , conforme indicado para a zona bioclimática Z2.

Por outro lado as características de tipologia arquitetônica, orientação e proteção solar são distintas, como pode ser observado nas Figuras 1a e 1b, especialmente pelo fato de que no edifício G1, nas esquadrias de orientação Leste e Norte existem protetores solares, já nas esquadrias do L1 as grandes aberturas não dispõem de sistemas de proteção, apenas com a aplicação de películas e/ou persianas internas em algumas das janelas, ou mesmo com a tomada de medidas emergenciais, com a fixação de painéis em papel para controle da entrada de radiação e do deslumbramento.



**FIGURA 5** – Medições de temperatura e umidade relativa – 22/01 – 15/04/2010. Lab. de Carnes – L1.

De acordo com as medições de temperatura no Laboratório de Carnes, no edifício L1, percebe-se que para o período de 22 de janeiro até 15 de abril de 2010, as temperaturas internas, linhas mais claras na Figura 5, concentram-se na faixa entre 25°C e 30°C, havendo registros de temperatura acima dos 30°C ou mesmo de 35°C. Os dados de umidade relativa permanecem mais constantes, visto que no Laboratório as esquadrias têm abertura controlada, permanecendo fechada grande parte do tempo.

A temperatura interna máxima registrada no período (35,9°C) ocorreu dia 30 de março de 2010, quando no período da tarde superou os 30°C (mínima interna no dia de 23,3° às 07h45min), enquanto que a temperatura externa máxima no dia alcançou 29,2°C e a mínima 15,1°C.

**TABELA 3** – Comparativo de temperaturas internas em salas dos edifícios L1 e G1 – 30/03/2010.

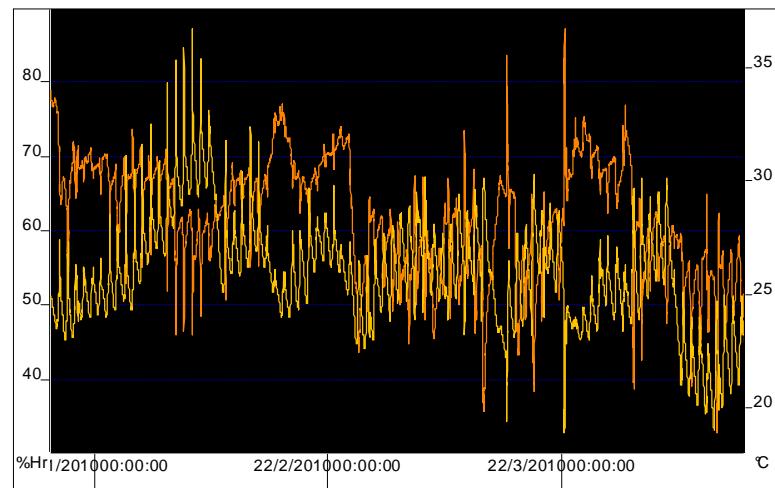
	L1		G1	
	Lab. Carnes	Aulas Práticas	Sec. Arquitetura	Sec. Eng. Amb.
16:30	35,9°C	25,9°C	29,3°C	26,0°C

Na Tabela 3 apresenta-se a comparação dos resultados para as 16h30min nas quatro salas monitoradas, sendo a o Laboratório de Carnes (L1) e a Secretaria do Arquitetura (G1) apresentam orientação

Norte e as Aulas Práticas (L1) e Secretaria Engenharia Ambiental em orientação Sul, todas sem condicionamento térmico artificial.

A amplitude entre os ambientes monitorados no mesmo edifício L1 foi de 10°C, enquanto a diferença para o edifício G1 foi de 3,3°C, ainda que as temperaturas também se encontrassem muito próximas dos limites de conforto - máximo de 29°C para países “em desenvolvimento” de acordo com Givoni (1992).

Os dados obtidos na Secretaria da Arquitetura, no edifício G1 – Figura 6, também de orientação norte, porém com protetores solares, as temperaturas internas apresentaram-se com valores mais baixos em comparação ao Laboratório de Carnes, ainda que com temperaturas acima de 30°C, especialmente no mês de janeiro. Quanto à umidade relativa (linhas mais escuras), neste ambiente observa-se uma maior variação durante o período tendo em vista o uso administrativo e a maior influência da ventilação.



**FIGURA 6** – Medições de temperatura e umidade relativa – 13/01 – 13/04/2010. Secr. Arquitetura – G1.



**FIGURA 7.** Esquema das multi-zonas térmicas (DesignBuilder): a. edifício G1 (pav. sup.); edifício L1 (pav. sup.), sem escala.

Os resultados preliminares de simulação com o software DesignBuilder - esquema da tipologia arquitetônica e das multi-zonas na Figura 7, mostram que os ganhos térmicos internos estão

intimamente relacionados com a tipologia arquitetônica, construtiva e da ocupação e aos dispositivos de proteção solar, ou seja, enquanto que no edifício G1, 67,61% são relativos aos ganhos com equipamentos (32,68% pelos computadores), 24,9% pela radiação solar e 7,36% pela ocupação; já no L1, 34,19% dos ganhos são pela radiação solar, com os demais fatores com resultados similares entre si, embora com uma densidade maior de potência de equipamentos (61,86%).

O estudo ainda analisa as condições de conforto dos usuários, adotando-se as metodologias de Fanger e Toftum (2002) e as adaptações para climas temperados e quentes propostas por Hwang et al. (2006), não sendo objeto deste artigo. Caberão futuras análises quanto à compatibilização das demandas real e teórica resultante das simulações com os cenários possíveis, ou seja, adequar o consumo aos critérios da eco-eficiência, a qual inclui a análise de impactos ambientais e custos como fatores de avaliação da eficiência administrativa de instituições ou empresas.

## 6 CONCLUSÕES E DIRETRIZES DE ECO-EFICIÊNCIA NA UPF

Uma observação para o estabelecimento de padrões de eficiência energética e térmica é que as normativas brasileiras são meramente orientativas, sem um caráter de obrigatoriedade de certificação; existe ainda uma lacuna da normatização específica de edifícios públicos e educacionais.

Quanto ao desempenho térmico dos edifícios estudados pode-se concluir que tanto a tipologia arquitetônica como o desenho das esquadrias de ambos os edifícios, bem como a setorização dos espaços internos contribuem para um aumento na demanda de energia elétrica, visto que a orientação desfavorável em especial para os laboratórios, aliada a falta de ventilação determinam uma maior carga térmica para condicionamento e a consequência direta no aumento do consumo de energia.

A pesquisa apresenta alguns resultados que permitem definir diretrizes para a qualificação, e consequentemente, no aumento da eco-eficiência do parque construído da UPF, tanto dos edifícios existentes como os de nova construção:

- análise da vida útil das edificações e aplicação de princípios de construção sustentável;
- revisão dos parâmetros construtivos para as novas construções, com a utilização de envoltória com massa térmica adequada e isolamento de pontes térmicos;
- adoção de critérios para a definição de orientação solar adequada às restrições de habitabilidade dos diferentes setores da programação arquitetônica, como laboratórios e salas de aula;
- programas de retrofitting, com a implementação de melhores condições de conforto térmico, que correspondam às condições climáticas locais (quente e úmido no verão e frio e úmido no inverno);
- uso de estratégias passivas de resfriamento e aquecimento;
- implementação de ventilação natural cruzada ou de sistemas de ventilação mecânica (quando imprescindível de acordo com os usos);
- adoção de desenho de esquadrias com proteção solar externa com a garantia de efetiva redução de ganhos solares aliado às estratégias de aquecimento passivo;
- aumento do uso eficiente dos recursos naturais e a diminuição dos impactos ambientais associados.

Os resultados devem ser analisados considerando-se todos os fatores que apresentam influência no desempenho térmico e energético, especialmente quanto ao uso e ocupação dos espaços e ao rendimento de equipamentos, tanto para iluminação, condicionamento ou equipamentos diversos, que fazem parte do escopo da pesquisa em desenvolvimento. Neste sentido, as análises sistêmicas indicam, a priori, que para atender as necessidades reais dos usuários, o consumo de energia deveria ser maior, já que inexistem condições de habitabilidade interior em ambos os prédios, especialmente para os períodos frios.

Deve-se evidenciar que o desenvolvimento de estudos tendo como tema os centros universitários, pode contribuir efetivamente para envolver todos os agentes da comunidade acadêmica nas transformações sociais em direção à sustentabilidade, reforçando o papel da Universidade na formação de

profissionais responsáveis e comprometidos com este processo.

As auditorias aplicadas às IES se constituem em uma ferramenta prática para o reconhecimento das reais condições de cada edifício, o que permite a proposição de um plano de ações concretas de investimentos, com o objetivo de ser alcançada a eficiência, em todas as suas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico das edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BCSD PORTUGAL. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento sustentável. **A eco-eficiência: criar mais valor com menos impacto.** 2000. Disponível em: <<http://www.bcsdportugal.org/files/91.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2008.
- BCSD PORTUGAL. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento sustentável. **Eficiência energética em edifícios: realidades empresariais e oportunidades.** 2007. Disponível em:<<http://www.bcsdportugal.org/files/1269.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2008.
- BOSCH, M. et al. **Avaluació energètica d'edificis: experiència de la UPC.** Barcelona: Edicions UPC, 2006.
- BRANDLI, L.L. et al. Gestão ambiental em instituições de ensino superior: uma abordagem às práticas de sustentabilidade da Universidade de Passo Fundo. **OLAM - Ciéncia & Tecnologia.** v. 7, n. 3, p.24-44, dez. 2007.
- BRANDLI, L. et al. A sustentabilidade ambiental na infra-estrutura de um campus universitário: ações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 12, 2008, Fortaleza – CE. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2008. 1 CD-ROM. Artigo A1837.pdf. ISBN: 978-85-89478-27-4.
- DESIGNBUILDER SOFTWARE. **DesignBuilder.** Software. v. 2.04.002, 2009.
- KIBERT, C. J. **Sustainable construction: green building design and delivery.** Hoboken, USA: John Wiley & Sons, 2005.
- LÓPEZ PLAZAS, F. **Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación.** Barcelona, 2006. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Departament de Construccions Arquitectòniques I, Programa Àmbits de Recerca en l'Energia i el Medi Ambient a l'Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2006.
- FANGER, P. O.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, Elsevier, n.34, p.533-536, 2002.
- FRANDOLOSO, M. A. L. et al. Improving the environmental assessment at Universidade de Passo Fundo – Brazil. In: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SUSTAINABLE UNIVERSITIES - EMSU, 5, 2008, Barcelona. **Conference contributions.** Barcelona, UPC/UAB/RCE, 2008. p.493-502. 1 PEN-DRIVE.
- FRANDOLOSO, M. A. L. et al. Desempenho térmico e eficiência energética em edifícios universitários: comparações entre dois edifícios da FEAR - UPF In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009, Recife - PE. **Anais...** Recife - PE: ANTAC, 2009. 1CD-ROM. 09EEE\A2783.pdf.
- GESTAL. **Smart Gate M.** Disponível em: <http://www.gestal.com/new/pdf/datasheetGATEM.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2009.
- GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, Elsevier, n.18, p.11-23, 1992.
- HWANG, R. et al. Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. In: **Energy and Buildings**, n. 38, p. 53-62, 2006.
- USP – Universidade de São Paulo. Agência USP de Inovação. **USP sustentabilidade: impacto ambiental na Universidade de São Paulo.** São Paulo: USP Inovação, 2009.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade de Passo Fundo (UPF) e ao CNPq pela colaboração e apoio institucional para a realização desta pesquisa, através de programas de bolsas de iniciação científica e compra de equipamentos.