

## A MELHORIA DA ECO-EFICIÊNCIA DO PARQUE CONSTRUÍDO DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO - RS: CONSUMO ENERGÉTICO E CONFORTO DOS USUÁRIOS

Marcos Antonio Leite Frandoloso<sup>(1)</sup>; Luciana L. Brandli<sup>(2)</sup>; Fábio D. Pedroso<sup>(3)</sup>

(1) FEAR, Universidade de Passo Fundo, e-mail: [frandoloso@upf.br](mailto:frandoloso@upf.br)

(2) PPEng, Universidade de Passo Fundo, e-mail: [brandli@upf.br](mailto:brandli@upf.br)

(3) Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Passo Fundo, e-mail: [117802@upf.br](mailto:117802@upf.br)

### **Resumo**

*Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa "A eco-eficiência da Universidade de Passo Fundo", desenvolvida com apoio da CNPq, cujo objetivo geral é reforçar a responsabilidade das Universidades frente ao desenvolvimento sustentável. 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 critérios para a otimização do uso dos recursos naturais e a aplicação prática dos princípios da eco-eficiência. A pesquisa foi desenvolvida em dois edifícios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, formadora de conhecimentos técnicos e práticos das áreas tecnológicas, e ainda representativos das tipologias construtivas existentes no Campus I. Inicialmente foi efetuado o inventário dos dados estáticos (características gerais dos edifícios, dos espaços internos e das instalações), e dados dinâmicos (padrão de uso e ocupação dos espaços, acompanhamento do consumo de energia e das variáveis ambientais internas). Os resultados obtidos com as simulações foram comparados com os dados de desempenho energético do edifício real e as condições de conforto interno, representadas a partir do modelo PMV de Fanger. Neste sentido, foram identificados os pontos positivos e negativos de ambos os edifícios com a proposta de melhoria do desempenho energético e térmico, incluindo-os nos instrumentos administrativos de maneira operativa. Estes resultados indicam que a tomada de medidas que melhorem os indicadores de eco-eficiência podem ser aplicados ao restante do parque construído e também servirem como padrões de referência para novas infraestruturas (campi e edifícios), ou mesmo para outras universidades, desde que obviamente sejam identificados cada contexto específico.*

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

### **Abstract**

*This paper presents the results of the research "The eco-efficiency of the University of Passo Fundo", developed with support from CNPq (National Council to Scientific and Technical Development), aiming to strengthen the overall responsibility of universities facing the sustainable development. The factors that affect the thermal performance and energy consumption of university buildings were identified, in order to propose a methodology to establish criteria for the optimal use of natural resources, as well as identifying potential buildings that could become examples of practical application of eco-efficiency. The study was conducted in two buildings of the Faculty of Engineering and Architecture, responsible to develop technical and practical knowledge of the technology areas, and also representative of the existing building typologies in Campus I. Initially the inventory was made of the static data (general characteristics of buildings, interior spaces and facilities), and dynamic data (pattern of use and occupation, monitoring of energy consumption and indoor conditions). From this information, simulations were developed with the software DesignBuilder comparing them with the as-built energy performance and indoor comfort conditions (Fanger*

*PMV model). The results allowed the identification of strengths and weaknesses of both buildings, with the results it's possible to propose how to enhance energy performance and thermal, including them in the way of administrative instrument operative. These results indicate that taking measures to improve the eco-efficiency indicators can be applied to the rest of the building stock and also used as benchmarks for new infrastructure (buildings and campuses), or even to other universities, since obviously be identified each specific context.*

**Keywords:** *university buildings planning, sustainable construction, eco-efficiency, energy efficiency, thermal performance.*

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa "A ecoeficiência da Universidade de Passo Fundo", desenvolvida com apoio da CNPq, está inserida no contexto das pesquisas para avaliar o papel das universidades frente à Educação para o Desenvolvimento Sustentável, tanto nos aspectos da gestão ambiental como na inserção dos temas ambientais nos currículos, de maneira a implementar suas respectivas responsabilidades na formação de futuros profissionais, capacitados e comprometidos com estes temas; este trabalho apresenta os resultados da relação da entre o desempenho térmico da envoltória dos edifícios, a eficiência energética e o conforto térmico dos usuários.

O atendimento aos conceitos de sustentabilidade pode ser alcançado por meio dos princípios de eco-eficiência, a qual inclui a análise de impactos ambientais e custos como fatores de avaliação da eficiência administrativa; neste sentido, o World Business Council on Sustainable Development – WBCSD – define sete elementos articulados para alcançar tais princípios, dentre eles a redução da intensidade de uso de energia em bens e serviços. Sob este ponto de vista, a eficiência ambiental é vista no campo empresarial como um fator de redução de custos e de aumento de competitividade, por um lado, mas que também satisfaçam as necessidades humanas, contribuam para a qualidade de vida, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, respeitando a capacidade de sustentação estimada pelo planeta (BCSD PORTUGAL, 2007)

Cuchí i Burgos (2009) relaciona a eficiência da utilização de todos os recursos naturais e seus respectivos impactos no meio ambiente natural, e por extensão ao ambiente construído. Para o autor os níveis de eficiência da edificação em respeito às metas de sustentabilidade podem ser chamadas de “qualidade ambiental”, a partir da definição de estratégias para obter habitabilidade e conforto a custos ambientalmente razoáveis, tirando o máximo proveito possível das oportunidades que oferece o lugar de implantação, a configuração geométrica do edifício, seus materiais e, por fim, os recursos técnicos e instalações que disponha. Estas estratégias, segundo o autor, devem ter como objetivo a máxima eficiência ambiental em cada um dos serviços obtidos, e em contrapartida a redução dos recursos necessários para a construção e funcionamento; ainda, deverão ser considerados os processos construtivos de uma forma integral, desde seu início até seu final.

De acordo com o WBCSD (BCSD PORTUGAL, 2007), os edifícios contribuem com aproximadamente 40% do consumo de energia primária global e com 35% das emissões de gases do efeito estufa, sendo que 84% da utilização energética ocorrem na fase operacional do tempo de vida de um edifício. Este fato evidencia a relevância de estudos que incorporem as medidas de gestão do uso de recursos energéticos dos ambientes construídos. Embora para as Instituições de Ensino Superior a questão econômica seja um item complementar à formação acadêmica, estes aspectos revelam-se de grande importância para a gestão administrativa, não apenas para as universidades particulares, mas também para as públicas, já que a redução de custos energéticos pode ser revertida em investimentos em outras áreas.

## 2. METODOLOGIA

A avaliação do desempenho térmico e energético dos edifícios de referência utiliza a metodologia de Auditorias Energéticas aplicadas ao parque construído da Universitat Politècnica de Catalunya - UPC (LÓPEZ PLAZAS, 2006; BOSCH GONZÁLES et al., 2007). Esta metodologia permite 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 (características construtivas dos edifícios e dos espaços internos e das instalações) e os dados dinâmicos, com alterações ao longo do tempo, como perfil de uso, variáveis ambientais e consumo energético; 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.

No caso da Universidade de Passo Fundo foram inicialmente analisadas as ações ambientais (BRANDLI et al. 2011) e a situação do uso de energia no Campus I, estrutura principal da UPF localizada em Passo Fundo - RS (FRANDOLOSO et al., 2010a; FRANDOLOSO et al. 2010b). O corpo de estudo foi definido tendo em vista as características do parque construído da Universidade: o edifício G1, edifício administrativo e de ensino da FEAR Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Figura 1a, com área de 2.791,42m<sup>2</sup>, e o edifício L1, do Curso de Engenharia de Alimentos e do Centro de Pesquisas Agropecuárias, que conta com laboratórios e salas de aulas – Figura 1b, com área de 3.842,92m<sup>2</sup>.

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



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 sistema multipontos com monitoração informatizada (SmartGate M - Gestal). A partir da modelagem dos edifícios no programa DesignBuilder v.3 (DESIGNBUILDER 2011), foram comparados os resultados de simulação de desempenho térmico e energético com os dados reais coletados. Os dados de consumo energético dos edifícios individualmente foram avaliados no período de 2009-2011; as variáveis ambientais foram coletadas no período de janeiro de 2010 a janeiro de 2011.

Na avaliação do desempenho da envolvente foi verificado o atendimento aos requisitos da NBR 15575 (2008) e nos requisitos básicos do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (PROCEL 2010a) e do Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RAC-C (PROCEL 2010b).

Para o estudo das condições de conforto interno foi utilizada a metodologia do Voto Médio Estimado ou modelo PMV de Fanger (1970), adotando-se os dados resultantes da simulação com o software DesignBuilder.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. O uso de energia na UPF

A energia consumida no Campus I corresponde a cerca de 85% do total da estrutura física da UPF, constituída de campi em outras 6 cidades do Norte do Rio Grande do Sul. Quando comparada a evolução da área construída, do consumo de energia e os respectivos custos, se percebe na Tabela 1 uma forte ampliação do parque construído em 2006, porém com a redução de consumo (-7,20%) e de custos (-31,27%) devido a diferenciação das faixas de contrato com a concessionária e da instalação de geração própria para suprir as horas-pico.

Tabela 1 - Comparação entre o parque construído, consumo de energia e custos - 2004-2011

Período/variação	Área construída (m <sup>2</sup> )	Consumo Energia (kWh)	Custo (mil R\$)
2004	88.987,99	3.914.408	1.557,56
2005	90.735,15	3.981.060	1.912,87
variação 2005/2004 (%)	1,96	1,70	22,81
2006	99.071,34	3.694.457	1.314,78
variação 2006/2005 (%)	9,19	-7,20	-31,27
2007	99.147,84	4.421.650	1.439,72
variação 2007/2006 (%)	0,08	19,68	9,50
2008	103.293,84	4.422.510	1.384,08
variação 2008/2007 (%)	4,18	0,02	-3,86
2009	108.104,47	5.490.587	2.214,30
variação 2009/2008 (%)	4,66	24,15	59,98
2010	109.675,24	5.639.818	2.131,39
variação 2010/2009 (%)	1,45	2,72	-3,74
2011	110.840,93	5.911.441	2.414,65
variação 2011/2010 (%)	1,06	4,82	13,29

Fonte: dados fornecidos pelo Setor de Conservação do Campus e Setor de Projetos – UPF.

Para os períodos seguintes cabe salientar o aumento no consumo de 51,02% entre 2011 e 2004, com o correspondente aumento de custos de aproximadamente 55% (também devido ao aumento das tarifas). Este aumento, principalmente a partir de 2009, se deve à demanda pela instalação de equipamentos de ar condicionado e informatização das atividades acadêmicas. Neste sentido, a comparação da relação entre o consumo energético e a superfície construída passou de 43,99kWh/m<sup>2</sup> em 2004 para 53,33kWh/m<sup>2</sup> em 2011, ou seja, equivalente a 21,24%.

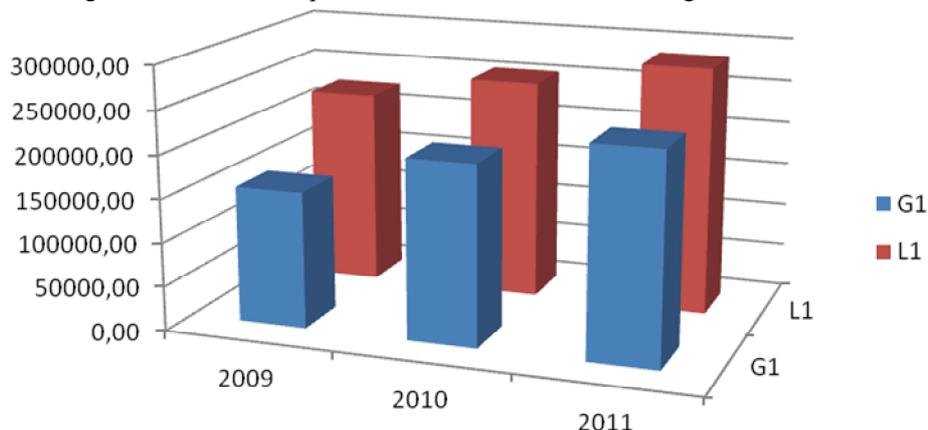
O controle de consumo de energia era centralizado até junho de 2009, não havendo o seguimento por unidade ou edifício isoladamente. A partir desse momento foi implantado um sistema descentralizado (SmartGate M - GESTAL, 2009), que permite a gestão de consumo de energia daquelas unidades identificadas como de alto consumo em horários de pico e tarifação diferenciada, como auditórios, centro de eventos e de convivência, monitorando quando são ultrapassados determinados limites, inclusive com o 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.

A análise do consumo mensal dos edifícios para os anos de 2009 e 2011 evidencia a interferência do uso e ocupação de cada um dos edifícios, especialmente nos meses de verão, com atividades basicamente administrativas, 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.

Em termos anuais (Figura 2), conforme anteriormente comentado percebe-se uma grande

aumento para o ano de 2011 e com a mesma tendência para 2012. Para os totais de consumo anual o edifício G1 apresentou uma variação de 52,79%, passando de 155.705,2kWh/ano (2009) para 237.897,6kWh/ano (2011); embora com valores nominais maiores, o edifício L1 teve uma variação menor (25,92%) passando de 226.198,40kWh/ano (2009) para 284.828,50kWh/ano (2011).

Figura 2 - Gráfico comparativo de consumo anual de energia em 2009-2011



Novamente percebe-se a influência do padrão de uso dos ambientes no consumo de energia, pois no edifício G1 o aumento do uso de computadores portáteis é evidente nas aulas (uso predominante no edifício), passando a ser utilizado por professores e a grande maioria dos alunos, tendo em vista a sua adoção em larga escala tanto como instrumento didático como na informatização da produção acadêmica, especialmente no uso de programas para projetos CAD. Esta grande variação pode ser percebida com os dados do mês de maio de 2009 a 2011, apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Comparativa do consumo do mês de maio nos edifícios G1 e L1(2009-2011).

Edifício	2009	2010	2011
G1	9.660	18.496,3	28.845,6
L1	20.550	21.651,8	30.182,4

Com a utilização do indicador de consumo energético de acordo com a área construída percebem-se mais facilmente estas mudanças: enquanto que no edifício G1 esta relação era de 55,78 kWh/ano/m<sup>2</sup> (2009) e 85,22kWh/ano/m<sup>2</sup> (2011), no edifício L1 passou de 58,86kWh/ano/m<sup>2</sup> em 2009 para 74,12kWh/ano/m<sup>2</sup> em 2011. Tal aumento na demanda inclusive gerou conflitos entre as instalações elétricas existentes e o número de equipamentos por sala de aula (Figura 3) atualmente resolvido parcialmente, pois o layout das salas, composto de mesas de desenho convencionais, deveria ser readequado a estas novas configurações e necessidades de uso.

Figura 3 - Sala de aula de projetos e instalações elétricas para notebooks



### 3.2. Avaliação do desempenho térmico da envolvente

Além dos dados obtidos nos memoriais e materiais gráficos dos dois edifícios, caracterizando desta maneira os dados estáticos, ou seja, aqueles que não apresenta uma variação temporal, na primeira etapa do trabalho foram compiladas as informações referentes às instalações de iluminação e equipamentos como computadores e sistemas de condicionamento.

Para a construção dos modelos das simulações foram considerados os estudos de Ordenes et al. (2003), os quais desenvolveram uma biblioteca de materiais e sistemas construtivos adequados à realidade nacional - LIB nacional.ddf, incorporada na NBR 15.220 (ABNT 2005), NBR 15.575 (2008) e nos requisitos básicos do RTQ-C (PROCEL 2010a) y RAC-C (PROCEL 2010b).

Tendo em vista as características construtivas, alvenaria de tijolos 6 furos e cobertura em telha de fibrocimento, com forro em placas de poliestireno expandido no G1, e paredes duplas de tijolos 21 furos e cobertura em fibrocimento, porém com laje de forro em concreto armado, as propriedades térmicas dos edifícios resultaram nos seguintes valores de transmitância térmica U, Tabela 3:

Tabela 3 - Transmitância térmica da envolvente dos edifícios G1 e L1.

Edifício	Cobertura	Paredes externas
G1	$U=2,222\text{W/m}^2\text{K}$	$U=1,242\text{W/m}^2\text{K}$
L1	$U=0,934\text{W/m}^2\text{K}$	$U=1,134\text{W/m}^2\text{K}$

Comparadas com as prescrições da NBR 15.575 (ABNT 2008), os coeficientes U das paredes externas estão abaixo dos  $2,5\text{W/m}^2\text{K}$  indicados para a Zona Bioclimática 2 (ZB2). Para as coberturas a normativa prescreve os valores mínimos de acordo com a classificação de desempenho para a ZB2: para o nível M (mínimo)  $U\leq 2,30\text{W/m}^2\text{K}$ ; nível I (intermediário)  $U\leq 1,50\text{W/m}^2\text{K}$  e para o nível superior  $U\leq 1,00\text{W/m}^2\text{K}$ . Neste sentido, uma avaliação preliminar considera para o edifício G1 como no nível mínimo, enquanto que para o L1 o nível superior.

Por outro lado, de acordo com a metodologia do RTQ-C (PROCEL 2010a), para obter o Nível A na ZB2 os coeficientes U admissíveis para as coberturas é de  $0,50\text{W/m}^2\text{K}$  para ambientes condicionados artificialmente e  $1,00\text{W/m}^2\text{K}$  para ambientes não condicionados; para as paredes externas o valor admissível é de  $U\leq 1,00\text{W/m}^2\text{K}$ . Para os demais níveis os valores admissíveis estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Transmitância térmica segundo os níveis de qualidade do RTQ-C para a ZB2.

Nível de Eficiência Energética	Coberturas		Paredes Externas
	Condicionados	Não condicionados	
A	$U\leq 0,5\text{W/m}^2\text{K}$	$U\leq 1,0\text{W/m}^2\text{K}$	$U\leq 1,0\text{W/m}^2\text{K}$
B	$U\leq 1,0\text{W/m}^2\text{K}$	$U\leq 1,5\text{W/m}^2\text{K}$	$U\leq 2,0\text{W/m}^2\text{K}$
C e D	$U\leq 2,0\text{W/m}^2\text{K}$		$U\leq 3,7\text{W/m}^2\text{K}$

Fonte: (adaptado de PROCEL, 2010).

Na verificação dos pré-requisitos da envoltória pelo RTQ-C, os dois edifícios, com ambientes não condicionados, consideram-se no nível B, quanto às paredes; no entanto para as coberturas existem diferenças: nível A para o L1 e um nível menor para o G1 (E).

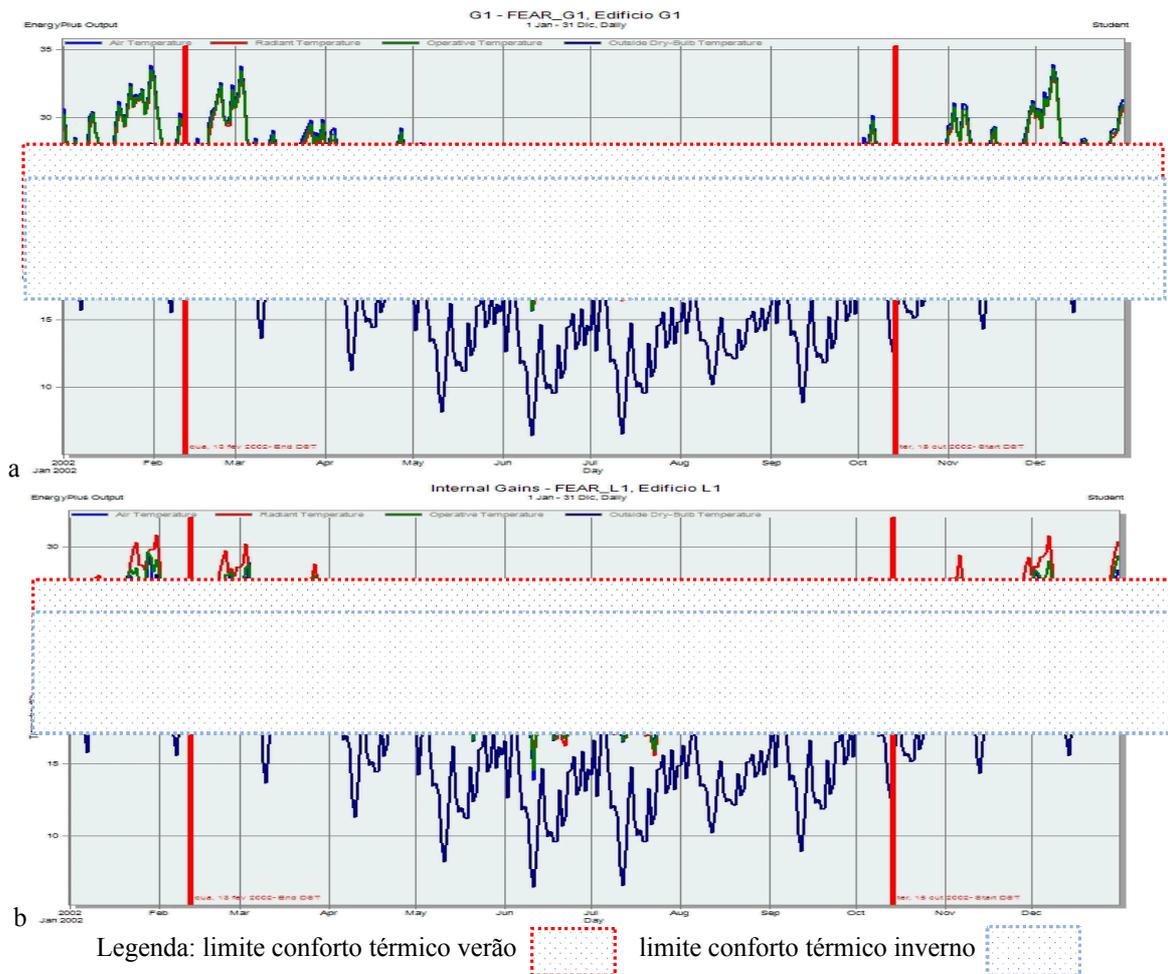
### 3.3. Avaliação das condições de conforto

Embora a pesquisa tenha aplicado outros instrumentos para avaliar as condições de conforto térmico, para a sistematização das informações neste trabalho e permitir uma análise geral dos resultados foi aplicado o programa DesignBuilder, no qual é apresentada a simulação das

condições ambientais interna e externas do edifício como um todo, fazendo uma relação direta com as condições de conforto dos usuários.

Na Figura 4 estão representadas as variáveis ambientais, bem como os limites de conforto térmico definidos por Givoni (1992) para países “em desenvolvimento”: entre 17°C e 27°C para inverno e entre 20°C e 29°C para verão; as temperaturas externas estão representadas em linhas azuis escuro, as condições internas nas demais cores. Fica evidente que as temperaturas externas ficam abaixo destes limites em praticamente todo o ano.

Figura 1 Resultados das simulações anuais das variáveis ambientais - a: G1 b: L1.

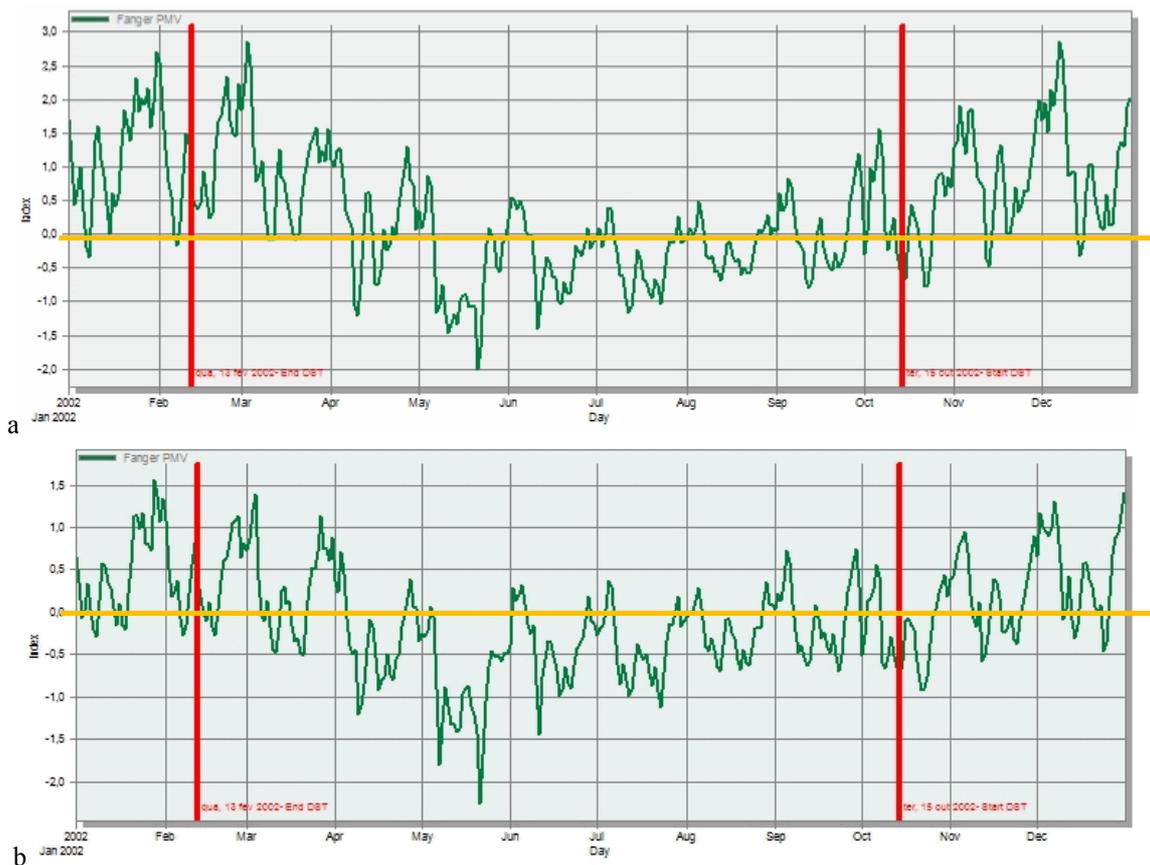


Nos gráficos da Figuras 5 estão representados os índices de PMV de Fanger, sendo os índices negativos relacionados com as situações de desconforto com relação ao frio, e as positivas quanto às sensações de calor.

As horas de desconforto para os usuários com vestimenta para verão (leve) apontou 2.033,41 horas anuais para o edifício G1 e 2.538,09 horas para o L1, por outro lado, para as situações com vestimenta de inverno foram 1.952,71 horas para o G1 enquanto que para o L1 2.294,58 horas. No somatório para todas as situações, o resultado anual é de 1.663,50 horas de desconforto para o edifício G1 e para o L1 um pouco abaixo, 1.470,97 horas anuais, equivalente a 18,99% e 16,79% das 8.760 horas possíveis, respectivamente.

A predominância das sensações de desconforto o frio demonstram que as condições da envoltória e das instalações até o momento não garantem a satisfação das necessidades dos usuários, básicas ao se considerar que a Arquitetura está baseada exatamente nesta premissa: garantir as condições de habitabilidade para o desenvolvimento das necessidades humanas.

Figura 5 - Resultados das simulações de PMV de Fanger - a: G1, b: L1.



#### 4. CONCLUSÕES

A pesquisa identificou que os padrões construtivos adotados no planejamento do parque construído da Universidade de Passo Fundo apresentam dificuldades em atender aos critérios de eco-eficiência e da qualidade ambiental, no que se refere em promover condições adequadas para o desenvolvimento das atividades acadêmicas, ao mesmo tempo que promova o uso eficiente dos recursos energéticos.

Neste sentido as características da envoltória e tipologia arquitetônica, como o desenho de esquadrias e de setorização funcional contribuem para o aumento da demanda de energia elétrica, visto que a orientação norte desfavorável para os laboratórios localizados no L1, aliada a falta de ventilação determinam uma maior carga térmica para condicionamento.

Os resultados indicam uma série de diretrizes para a melhoria da eco-eficiência dos edifícios existentes, através de medidas de retrofitting, dentre elas a melhoria do isolamento térmico para atender às condições climáticas locais, caracterizada por períodos quentes e úmidos no verão e frio e úmido no inverno, com uma grande amplitude térmica diária. Como medida de curto prazo, a instalação de protetores solares no edifício L1 apresenta-se como estratégia para reduzir os ganhos solares na orientação Norte, especialmente devido sua tipologia linear Leste-Oeste.

Estes mesmos resultados indicam a necessidade de aplicação de critérios para evitar que o contínuo aumento das demandas, representados pelo indicador de consumo energético e área construída (kWh/ano/m<sup>2</sup>), continuem sem atender as reais necessidades dos usuários, sejam funcionais como de condições de habitabilidade. Para atingir este objetivo, a pesquisa fez indicações para a sua inclusão no Planejamento de Desenvolvimento Institucional 2012-2016, visto que no texto original era mencionada apenas a instalação generalizada de equipamentos

de ar condicionado, porém sem fazer referência a quais aspectos esta ampliação deveria atender, incluindo-se a ação de "elaborar um programa institucional de gestão ambiental sustentável e de promoção da ecoeficiência".

Os critérios quando parte de uma metodologia operacional permitirá estabelecer um Programa de Eco-eficiência da Universidade de Passo Fundo, para a ajuda nos processos de tomadas de decisões durante a vida útil do edifícios, tanto do parque existente como para as novas construções. Igualmente esta metodologia pode ser utilizada em outras instituições similares, desde que adequada cada contexto específico.

Finalmente o objetivo de discutir estes temas reforça o papel das universidades frente à educação para a sustentabilidade, incluindo-a também em todas as suas ações administrativas, tornando-se um exemplo prático para seus alunos e para toda a comunidade acadêmica e externa.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- BRANDLI, L. et al. Improving the environmental work at University of Passo Fundo, Brazil - towards an Environmental Management System. **BJO&PM**, v. 8, n. 1, p. 31-54, 2011.
- BOSCH GONZALES, M. et al. **Avaluació energètica d'edificis**: experiència de la UPC. Barcelona: UPC, 2006.
- BCSD PORTUGAL. **Eficiência energética em edifícios**: realidades empresariais e oportunidades. BCSD, 2007. Disponível em: <<http://www.bcsdportugal.org/eco-eficiencia/102.htm>>.
- CUCHI I BURGOS, A. **La qualitat ambiental als edificis**. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2009.
- DESIGNBUILDER. **DesignBuilder EnergyPlus Simulation Documentation**. DesignBuilder v3.1. [On-line] DesignBuilder, 16 dec. 2011. Disponível em: <<http://www.designbuilder.co.uk/>>.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort**: analysis and application in environmental engineering. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.
- FRANDOLOSO, M. A. L. Avaliação do desempenho térmico e da eficiência energética no parque construído da universidade de Passo Fundo -RS. In: ENTAC 2010, 13, 2010, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2010a.
- FRANDOLOSO, M. A. L. et al. The energy and thermal performance of two university buildings in Southern Brazil with the aim of achieving environmental efficiency. In: ERSCP-EMSU 2010, Delft, NL, October 25-29, 2010. **Proceedings...** Delft, NL: TUDelft/The Hague University, 2010b.
- GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy&Buildings**, n.18, p.11-23, 1992.
- LÓPEZ PLAZAS, F. **Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación**. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Departament de Construccions Arquitectòniques. Barcelona: UPC, 2006.
- ORDENES, M. et al. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no VisualDOE-3.1**. Florianópolis: LabEEE-UFSC, set. 2003.
- PROCEL. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Rio de Janeiro: INMETRO/ELETOBRAS/PROCELEDIFICA/LabEEE, 2010a.
- PROCEL. **Regulamento de avaliação da conformidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Rio de Janeiro: INMETRO/ELETOBRAS/PROCELEDIFICA/LabEEE, 2010b.

## AGRADECIMENTOS

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