

Avaliação do parque construído da Universidade de Passo Fundo - RS, com base na eco-eficiência: o consumo de energia e o conforto dos usuários

Assessment of building stock of Universidade de Passo Fundo - RS, based on the eco-efficiency: energy consumption and users comfort

Marcos Antonio Leite Frandoloso

Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Passo Fundo, UPF,
BR 285, Bairro São José, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil
frandoloso@upf.br

Luciana Londero Brandli

Docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Passo Fundo, UPF,
BR 285, Bairro São José, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil
brandli@upf.br

Ana Paula Scheffer

Discente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Passo Fundo, UPF,
BR 285, Bairro São José, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil
119642@upf.br

Resumo

O trabalho apresenta uma avaliação do parque construído da Universidade de Passo Fundo – RS, de modo a reforçar a responsabilidade das universidades frente ao desenvolvimento sustentável, e por extensão na aplicação dos princípios da construção sustentável e da eco-eficiência às estruturas físicas das Instituições de Ensino Superior (IES). A partir da conceituação da eco-eficiência e da relação da eficiência energética dos edifícios propõe-se avaliar os prédios universitários, para assim, estabelecer critérios para otimizar os recursos energéticos no parque construído da UPF relacionando-o às condições de conforto dos usuários. O estudo foi desenvolvido em dois edifícios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, representativos das diversas tipologias construtivas existentes no Campus I, caracterizando-os em seus aspectos arquitetônicos e construtivos, de instalações e os respectivos padrões de uso e ocupação; com o monitoramento do consumo de energia foi possível comparar o desempenho energético de ambos os edifícios. A definição dos objetos de estudo também levaram em consideração o fato de serem utilizados pelo corpo docente e discente da área tecnológica, podendo servir como ponto de referência para a aplicação dos princípios da eco-eficiência nas edificações. Quanto ao desempenho térmico foram desenvolvidas simulações com o software *DesignBuilder*, assim como a avaliação do conforto dos usuários adota o mesmo programa. Os resultados permitiram identificar pontos positivos e negativos dos dois edifícios, permitindo propor estratégias inseridas em um instrumento operativo para a melhoria do desempenho dos edifícios existentes e servindo de referência para incorporar a eco-eficiência também em novos edifícios do campus. Este estudo pode ser adotado como referencial para o diagnóstico de parques construídos de outras IES, incorporando progressivamente os critérios da eco-eficiência nos ambientes, de maneira a garantir espaços qualificados e com condições de habitabilidade satisfatórias aos seus usuários.

Palavras-chave: projeto de edifícios universitários; eco-eficiência; eficiência energética; desempenho térmico; conforto ambiental.

Abstract

The research presents an evaluation of the building stock of the University of Passo Fundo - Brazil, in order to enhance the accountability of universities to sustainable development front, and by extension, applying the principles of sustainable construction and eco-efficiency to Higher Education Institutions. From the concept of eco-efficiency and the importance of the energy efficiency it was proposed to evaluate the university buildings, so as to establish criteria to optimize energy resources in the buildings of UPF. The study was conducted in two buildings of FEAR, representing the existing building typologies of Campus I, featuring them in their constructive aspects, facilities and their usage and occupation patterns; also these buildings can be an example of eco-efficiency's principles application to technological students and teacher. With the energy consumption monitoring was possible to compare the energy performance of both buildings, the thermal performance simulations were developed with the software DesignBuilder, as well the indoor conditions and users comfort. The results allow us to identify strengths and weaknesses of both buildings, and to propose future operative instrument to improving the performance of other existing buildings and to incorporate references to eco-efficiency in new buildings and campuses. The study may be used to other universities in order to increase the quality of their environment and buildings, and consequently their eco-efficiency.

Keywords: universities buildings design; eco-efficiency; energy efficiency; thermal performance; indoor comfort.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a situação do parque construído da Universidade de Passo Fundo - Rio Grande do Sul - e, desta forma, propor estratégias para a inclusão de critérios ambientais e energéticos no planejamento físico das instalações existentes e dos novos edifícios a serem construídos, tendo como base a eco-eficiência. Ainda, têm como marco geral incorporar tais critérios 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).

De acordo com Halac, Schiller e Venturini (2005, p. 2316) a promoção do desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões no âmbito das universidades implica em uma série de ações proativas no campo acadêmico, tendo em vista a produção de conhecimento, consciência crítica e social, com potencialidade para influenciar a orientação de toda uma sociedade em seu desenvolvimento sustentável, como um exemplo concreto de boas práticas, premissas para a incorporação efetiva da Educação para a Sustentabilidade no âmbito universitário.

Para que as imprescindíveis transformações na sociedade sejam efetivamente implementadas, 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; segundo o autor, o *World Business Council on Sustainable Development* – WBCSD – define sete elementos articulados para alcançar a eco-eficiência, dentre eles a redução da intensidade de energia nos bens e serviços, a maximização do uso sustentável dos recursos renováveis e o aumento da intensidade de uso de 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.

Cabe mencionar que ser eficiente significa alcançar os objetivos propostos; nesse sentido, o alcance da eficiência energética ocorre quando se atinge 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 as matérias primas e insumos que utilize em todas as fases da sua vida útil. Deverá também garantir o uso dos ambientes dentro de princípios de qualidade ambiental e de conforto aos seus usuários (ventilação, conforto térmico, visual e acústico).

Embora para as Instituições de Ensino Superior (IES) 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 IES particulares, mas também para as públicas, já que a redução de custos energéticos pode ser revertida em investimentos em outras áreas.

Cuchí Burgos (2010, p. 24) 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”.

Um projeto que tenha como intenção garantir certo grau de “qualidade ambiental” (CUCHÍ BURGOS, 2010, p. 24) começa por definir 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. A Figura 1 apresenta as fases e respectivos efeitos de acordo com a análise de ciclo de vida (ACV).

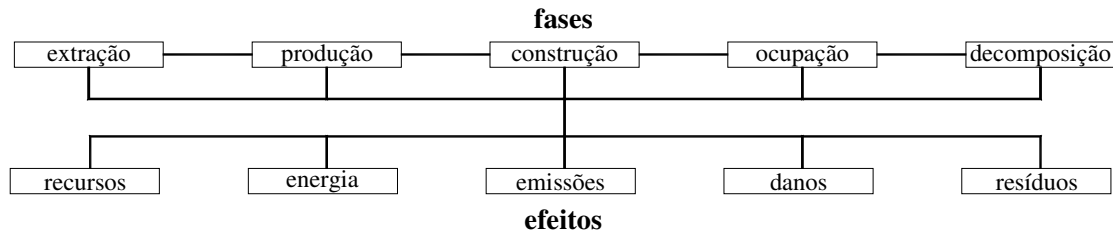


Figura 1 – Análise de ciclo de vida (ACV) das edificações.
Fonte: adaptado de Anink; Boonstra; Mak, 1996, p. 12-13.

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) aproximadamente 84% da utilização energética ocorrem na fase operacional do tempo de vida de um edifício, conforme apresenta a Figura 2¹. Este fato ratifica a relevância de estudos que incorporem as medidas de gestão do uso de recursos energéticos dos ambientes construídos, neste caso das universidades.

¹ Dados referentes ao contexto internacional, com variações nacionais, porém sem dados semelhantes sistematizados para o Brasil.

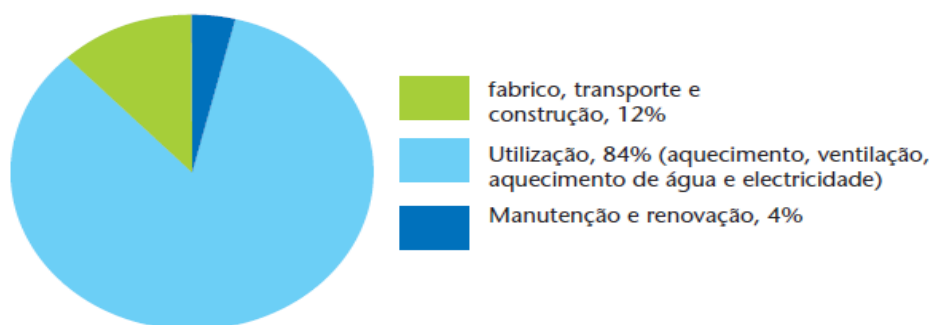


Figura 2 – Utilização de energia no ciclo de vida dos edifícios.

Fonte: BCSD Portugal, 2007.

Brandli et al. (2007) comentam que as faculdades e universidades podem ser comparadas com pequenos núcleos urbanos, apresentando em muitos casos complexas infraestruturas para o seu funcionamento. As diversas atividades de ensino, pesquisa, extensão e atividades referentes à sua operação demandam recursos naturais e geram impactos ambientais, o que define a relevância da introdução dos critérios da construção sustentável e da eco-eficiência nos parques construídos das IES. 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.

De acordo com estas premissas, a eficiência energética é um dos elementos de fácil implementação nas IES, especialmente pela justificativa de seus impactos econômicos. Exemplo disto é 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 sete campi, referência nacional, que 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. Ainda que pontualmente, outras IES brasileiras têm implantado programas dentro do mesmo âmbito, apontando a sua relevância.

2. METODOLOGIA

A avaliação do desempenho energético e térmico dos edifícios adotou como referência a metodologia de Auditorias Energéticas aplicadas ao parque construído da *Universitat Politècnica de Catalunya* - UPC (LÓPEZ PLAZAS, 2006; BOSCH et al., 2006), a metodologia permite relacionar cada edifício com as diferentes fontes de energia com seus respectivos usos. Esta caracterização é obtida a partir da compilação de informações diferenciadas em dois níveis: os dados estáticos (características arquitetônicas, construtivas e dos equipamentos) e os dados dinâmicos, ou seja, que apresentam variações temporais, como o consumo de energia e o uso e ocupação dos ambientes.



Figura 3 – Localização dos edifícios L1 e G1.

Fonte: Frandoloso et al., 2010.

Inicialmente para a aplicação desta metodologia na Universidade de Passo Fundo foi elaborada a caracterização do Campus I e verificada a situação do uso de energia. Com base no parque construído existente, foram selecionados dois edifícios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEAR) – (Figura 3), representativos das tipologias construtivas do Campus I: o edifício G1, edifício

administrativo e de ensino da Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEAR (Figura 4a), e o edifício L1, do Curso de Engenharia de Alimentos e do Centro de Pesquisa em Alimentação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (CEPA-FAMV) que conta com laboratórios e salas de aula (Figura 4b).



Figura 4 - a. Edifício G1, fachada Noroeste (NO); b. Edifício L1, fachada Nor-noroeste (NNO).

Fonte: Autores, 2013.

A definição das edificações da FEAR também levaram em consideração a oportunidade de usá-las como referência aos usuários, da área tecnológica, como um exemplo da aplicação de avaliações das práticas da construção sustentável e da eco-eficiência.

As auditorias energéticas apresentam como premissa a integração de três tipos de fatores: a demanda, ao rendimento das instalações e à gestão de uso e ocupação. No presente trabalho, foram apresentadas análises relacionando o diagnóstico da demanda energética e o desempenho térmico dos

edifícios e a sua relação com as condições de uso dos ambientes internos e do conforto dos usuários.

As condições reais dos edifícios foram coletadas a partir de planilhas, equipamentos de medições de temperatura e umidade (*Data-loggers* da marca Testo), medidores de energia analógicos e sistema informatizado multipontos (*SmartGate M - Gestal*); as análises comparativas dos ganhos térmicos e do indicadores de conforto foram obtidas por meio da aplicação do programa computacional *DesignBuilder* (2011).

Para o estudo das condições de conforto interno foi utilizado o modelo de predição de conforto térmico de usuários de edificações e da avaliação da aceitabilidade térmica de ambientes internos, matérias normalizadas através da ISO 7730 (1994). Esta normativa está baseada nos estudos de Fanger (1970), conhecidos internacionalmente como modelo PMV/PPD (Voto Médio Estimado e Percentagem de Pessoas com Desconforto²); para o presente trabalho foram apresentados os resultados do PMV a partir das simulações desenvolvidas com a aplicação do programa *DesignBuilder* (2011), de maneira a sistematizar os dados.

3. A UPF E O USO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

A Universidade de Passo Fundo apresenta uma estrutura multi-campi em sete cidades do norte do estado do Rio Grande do Sul; o campus principal, localizado em Passo Fundo, tem uma área superficial de 341 ha, com de cerca de 22.000 usuários entre alunos, professores e funcionários.

Na contextualização das ações ambientais desenvolvidas na Universidade de Passo Fundo, Brandli et al. (2007) e Frandoloso et al. (2010, 2012) observaram os diversos segmentos da vida universitária (ensino, pesquisa, extensão e administração), dentre elas incluem-se a implantação de um sistema compacto de tratamento de efluentes líquidos do tipo anaeróbico, com capacidade de 18 mil pessoas, que inclusive poderia ser adotado por diversas cidades do entorno. Também está implantando 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 energético, como comentado a seguir.

O consumo de energia no Campus I corresponde a aproximadamente 85% do total da UPF, 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 no período de 2004 a 2012.

Percebe-se que a expansão da estrutura física é constante, com um impacto significativo nos custos relativos à energia no período de 2005/2004 (-31,27%), revertido com a implementação de ações para a instalação de um sistema de geração própria de 1.45MW, e de renegociação da modalidade de fornecimento pela concessionária no ano de 2006.

Porém, o crescente aumento no número de matrículas da UPF no ano de 2009, e o aumento de informatização de todas as atividades administrativas e acadêmicas, fez com que o consumo aumentasse em 24,15%, aliando-se com aumentos nas tarifas de energia, esta variação incidiu em um impacto nos custos de aproximadamente 60%.

O período 2010-2011 não apresentou uma grande ampliação no parque construído (0,07% y 1,18%, respectivamente), no entanto, ocorreram mudanças no padrão de consumo (2,71% y 4,82%) e os gastos em consumo de energia representaram um importante aumento de 13,29%.

Para o ano de 2012, ainda que sem aumentos relevantes na área construída, os dados referentes ao consumo energético diminuíram em 27,67%, equivalente a uma importante redução de custos de 38,02%.

2 Tradução dos termos em inglês para PMV - *Predicted Mean Vote*, e PPD - *Predicted Percentage Dissatisfied*, respectivamente.

Tabela 1 - Comparação entre o parque construído, consumo de energia e custos - 2004-2012.

	Área construída (m²)	Consumo (kWh)	Custos (mil R\$)	Consumo/área const. (kWh/m²)
2004	88.987,99	3.914.408	1.557,56	43,99
2005	90.735,15	3.981.060	1.912,87	43,88
Variação 2005/2004 (%)	1,96	1,70	22,81	-0,26
2006	99.071,34	3.694.457	1.314,78	37,29
Variação 2006/2005 (%)	9,19	-7,20	-31,27	-15,01
2007	99.147,84	4.421.650	1.439,72	44,60
Variação 2007/2006 (%)	0,08	19,68	9,50	19,59
2008	103.293,84	4.422.510	1.384,08	42,81
Variação 2008/2007 (%)	4,18	0,02	-3,86	-4,00
2009	108.104,47	5.490.587	2.214,30	50,79
Variação 2009/2008 (%)	4,66	24,15	59,98	18,63
2010	108.183,65	5.639.818	2.231,39	52,13
Variação 2010/2009 (%)	0,07	2,71	-3,74	2,64
2011	109.457,87	5.911.441	2.414,65	54,01
Variação 2011/2010 (%)	1,18	4,82	13,29	3,60
2012	109.909,61	4.275.696	1.496,60	38,90
Variação 2012/2011 (%)	0,41	-27,67	-38,02	-27,97

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

Ainda em comparação entre os indicadores de consumo em relação à superfície construída (Tabela 1), para 2004 representava 43,99kWh/m², já para 2011 passou para 54,01 kWh/m², ou seja, um aumento de 22,78%, especialmente relacionado com a ampliação das demandas para a instalação de equipamentos de ar condicionado e da informatização das atividades acadêmicas. Com as

reduções apresentadas no período de 2012-2011, houve uma importante redução neste indicador para 38,90kWh/m², equivalente a diminuição de 11,57% para o período 2004-2012.

Cabe mencionar que até junho de 2009 o controle de consumo era centralizado, não havendo o seguimento por unidade ou edifício isoladamente. Nesse sentido, 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* e *on-time* mais preciso e passível de detecção de problemas específicos, identificando situações que requeiram uma gestão

diferenciada, inclusive com o desligamento de instalações que ultrapassem os limites predefinidos ou ativando os equipamentos de geração própria de energia, alternativa encontrada para frear o aumento de consumo e dos custos identificados a partir de 2009, anteriormente comentados.

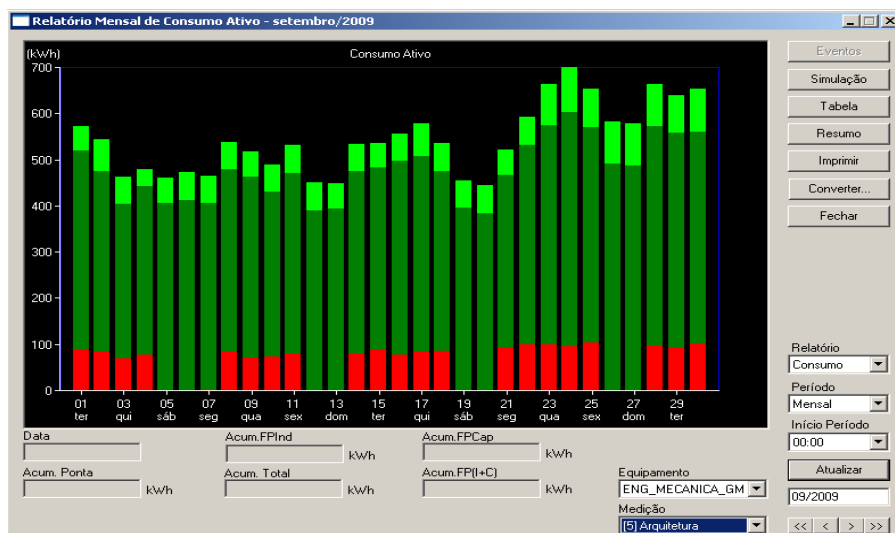


Figura 5 - Gráfico de consumo mensal edifício G1- setembro/2009 – SmartGate M (Gestal). Fonte: Autores, 2013

Como exemplo da formatação dos dados, a Figura 5 apresenta 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 os custos extras que incidem nas variações de custos apresentadas na Figura 5.

4. RESULTADOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

4.1. Coleta de dados estáticos

Na primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida a caracterização geral dos edifícios e de seus espaços

internos, apresentando as características construtivas e arquitetônicas 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 e de Conservação dos Campi, bem como a conferência destas informações *as-built*.

Tabela 2 Dados estáticos: caracterização da demanda energética teórica

Ed.	Superf. útil (m ²)	Ocup. teórica (pessoas)	Superfície condicion. (m ²)	Potência condicionam. (%)	Potência Equip. (%)	Potência ilumin. (%)	Potência instal. (kW)	Dens. (W/m ²)
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

Fonte: Frandoloso et al. 2010, p. 9

A Tabela 2 mostra que o uso de energia 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; 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 o edifício se apresente com cerca de 56% de potência para equipamentos; o edifício de construção mais antiga utiliza ainda lâmpadas de grande consumo (110W de potência) e baixo rendimento lumínico, o que resulta em 11,41% do total.

Em ambos os edifícios a área condicionada é restrita basicamente a alguns laboratórios com requisitos de controle de temperatura, correspondente a 29,17% da área total do L1 e apenas 12,72% no G1, o que resulta em um consumo de energia abaixo da

demanda térmica realmente necessária, quando comparada com a análise do desempenho térmico, apresentada na continuidade deste trabalho.

4.2. Coleta de dados dinâmicos

Os perfis de uso e ocupação dos espaços do edifício L1 foram coletados 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 pessoas (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.

O levantamento da ocupação do edifício L1 demonstra que a maior ocupação está concentrada no período noturno, pelas características dos cursos que se utilizam das salas de aula. No período diurno, em especial pelas manhãs, o uso é essencialmente pelos laboratórios do CEPA e Serviço de Análise de Rebanhos Leiteiros (SARLE), que apresentam serviços externos à universidade.

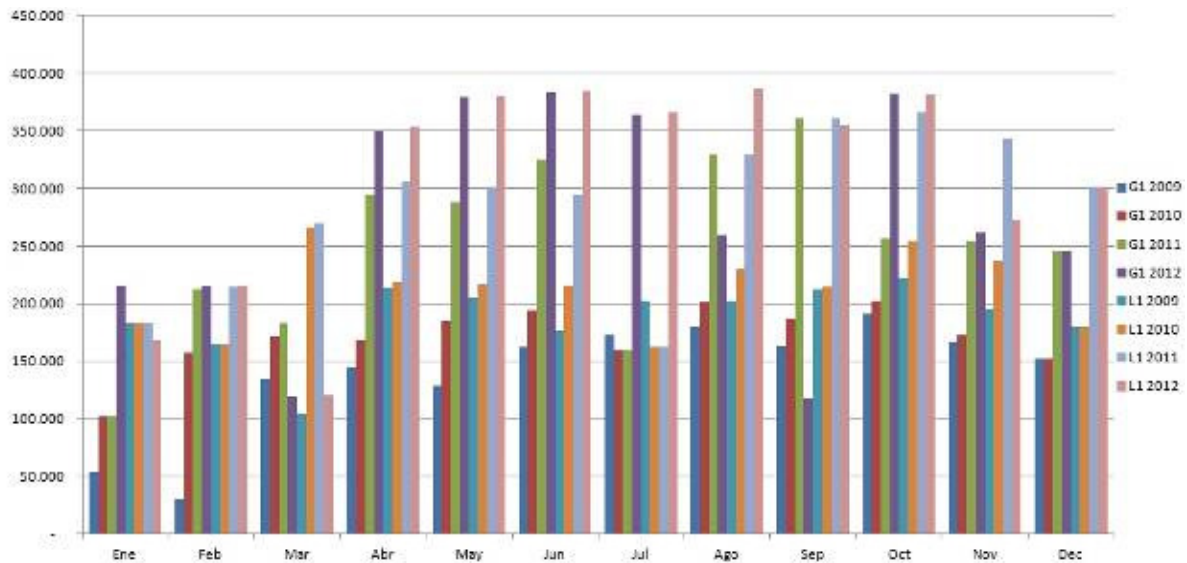


Figura 6 - Gráfico comparativo do consumo mensal de energia para os edifícios G1 e L1 entre 2009-2012 (kWh).
Fonte: Autores, 2013

A análise do consumo mensal de ambos os edifícios para os anos de 2009 e 2012 (Figura 6) evidencia a interferência do uso e ocupação de cada um dos edifícios, especialmente nos meses de verão, já que embora com as atividades acadêmicas reduzidas às 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.

Para os totais de consumo anual, o edifício G1 apresentou uma variação de 22,20% entre 2009 e 2010, passando de 1,68MWh/ano para 2,05MWh/ano, enquanto que para o período 2010-

2011 o aumento foi bastante maior, representando 46,63% (2,47MWh/ano) e reduzindo-se para o período entre 2011-2012 (9,39% - 3,29MWh/ano). No entanto, com valores nominais maiores, o edifício L1 teve uma menor variação (12,45%) para 2009-2010, passando de 2,26MWh/ano para 2,54MWh/ano; o ano de 2011 também representou um importante crescimento no consumo energético (35,01% - 2,84MWh/ano), diminuindo a porcentagem de variação para 7,39% em 2012 (3,68MWh/ano), conforme apresentado na Figura 7.

A análise do desempenho energético mensal mostrado na Figura 6, permite dizer que em alguns meses as diferenças inicialmente observadas entre o consumo no edifício G1 e L1 estão diminuindo, praticamente igualando-se.

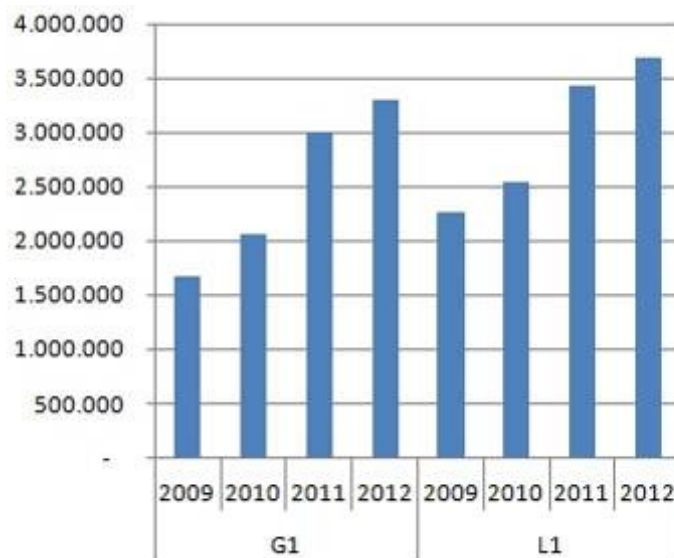


Figura 7 - Comparativo do consumo de energia anual G1 e L1 – kWh/ano (2009-2012).

Fonte: Autores, 2013

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 em softwares como CAD).

Outro fator de aumento no consumo energético foi a crescente demanda de ingresso nos cursos da FEAR - UPF, passando de 1.144 alunos em 2003/01 para 3.015 em 2012/01, repercutindo diretamente na ocupação dos espaços, e consequentemente no consumo energético, inclusive levando a tomada de providências para ampliação e reformas emergenciais de salas de aula nos prédios da própria unidade, ou na maioria das vezes ocupando salas de outras unidades acadêmicas.

5. DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES E DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO DOS USUÁRIOS

5.1. Dados estáticos

Pela caracterização da envoltória dos edifícios, 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 de entepiso moldadas in-loco, forros no último pavimento em placas de poliestireno expandido com 15 mm no pavimento superior. Já o prédio L1 foi construído com paredes de 24cm de tijolos de 21 furos na face externa da parede, e aparentes, e ainda tijolos maciços e reboco interno, com lajes de concreto tanto no pavimento térreo como na cobertura, além de rebaixos de pés-direitos com placas de gesso.

Estas características resultam em coeficientes globais de transmissão térmica das paredes de $U=2,429\text{W/m}^2\text{K}$ no G1 e $U=1,134\text{W/m}^2\text{K}$ no L1, calculados com base em Ordenes et al. (2003), valores dentro dos limites da Zona Bioclimática 2 da NBR 15575 (ABNT 2013), que prescrevem valores menores de $2,5\text{W/m}^2\text{K}$. Para as coberturas, o edifício G1 está caracterizado no nível mínimo ($U=1,9735\text{W/m}^2\text{K}$) e o L1 no nível superior ($0,934\text{W/m}^2\text{K}$).

Tabela 3 - Coeficientes U admissíveis segundo os níveis de qualidade RTQ-C para a ZB2.

Nível de Qualidade	Coberturas		Paredes Exteriores
	Conicionados	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: PROCEL, 2010, p.24.

Por outro lado, segundo a metodologia proposta pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (PROCEL 2010), os valores para cada nível estão apresentados na Tabela 3, diferenciando-se nas coberturas entre ambientes condicionados artificialmente ou não (condicionados naturalmente).

Igualmente uma avaliação preliminar classifica ambos os edifícios no nível B quanto à envolvente, com relação às paredes exteriores; já para as coberturas o nível A para o edifício L1 e um nível menor para o G1 (C ou D).

A avaliação da eficiência energética do edifício G1 desenvolvida por Teixeira e Cunha (2010), classificou a envolvente como nível C, com base no método prescritivo do RTQ-C.

5.2. Dados dinâmicos

O monitoramento das variáveis ambientais – temperatura e umidade relativa - foi desenvolvido com a utilização de equipamentos *data-loggers* Testo modelos 175-T1 (sensor de temperatura) e 175-H2 (sensores de temperatura e umidade relativa), instalados em duas salas de diferentes orientações em cada um dos dois edifícios, com o controle dos dados ao longo do ano de 2010 (12 meses) e até o presente momento.

No edifício G1 foram instalados sensores na secretaria do curso de Arquitetura e Urbanismo (Figura 8), de orientação NO, e na secretaria do curso de Engenharia Ambiental (Figura 9) de orientação SE; já no edifício L1 no laboratório de Carnes (Figura 10), orientação NNO, e no Laboratório de Aulas Práticas – SSE (Figura 11). A definição dos ambientes foi determinada pela necessidade de garantir a segurança dos equipamentos; nenhum deles possui condicionamento térmico artificial.



Figura 6 - Secretaria do curso de Arquitetura e Urbanismo – Orientação NO – G1.

Fonte: Autores, 2013



Figura 7 - Secretaria do curso de Engenharia Ambiental – Orientação SE – G1.

Fonte: Autores, 2013



Figura 8 - Laboratório de Carnes – Orientação NNE – L1.

Fonte: Autores, 2013



Figura 9 - Laboratório de Aulas Práticas – Orientação SSE – L1.

Fonte: Autores, 2013

De acordo com as medições de temperatura internas e da umidade relativa, efetuadas ao longo de 12 meses (21 de janeiro de 2010 a 28 de janeiro de 2011) registraram-se os seguintes dados:

Tabela 4 - Medições de variáveis ambientais nos ambientes monitorados.

Edifício/ambiente/orientação	variável ambiental	Mín.	Data	Máx.	Data
G1 Sec. Arquit. e Urb. (N)	UR (%)	20,0	9/dez	87,1	22/mar
	temp. interna (°C)	10,8	21/jul	36,7	5/fev
G1 Sec. Eng. Amb. (S)	temp. interna (°C)	9,7	16/jul	33,9	7/fev
L1 Lab. Carnes (N)	UR (%)	20,2	13/jul	84,7	19/jul
	temp. interna (°C)	13,4	20/jul	39,0	3/abr
L1 Lab. Aulas Prát. (S)	temp. interna (°C)	10,5	4/ago	40,3	26/dez

Fonte: Autores, 2013

O clima local subtropical úmido apresenta uma grande amplitude térmica diária³, neste sentido, os dados da Tabela 4 permitem identificar estas diferenças em cada uma das salas; a complexidade climática determina situações diversificadas para garantir as condições ideais de habitabilidade dos ambientes interiores. Os dados mais uma vez ratificam a influência das características arquitetônicas de ambos os edifícios, visto que para o L1, sem protetores solares, as temperaturas máximas foram superiores aquelas observadas no G1, com protetores solares, evidenciando-se os valores máximos e mínimos.

5.3. Conforto ambiental dos usuários

A pesquisa adotou 3 instrumentos para a análise das condições de conforto dos usuários, porém todos estão relacionadas com os modelos de predição de conforto térmico de usuários de edificações e da avaliação da aceitabilidade térmica de ambientes internos, normatizados através da ISO 7730 (1994), baseados em Fanger (1970) - modelo PMV/PPD. e nas adaptações para edifícios não condicionados em climas mais quentes (Fanger; Toftum, 2002).

O voto médio estimado (PMV) ou sensação analítica de conforto térmico é obtido através do balanço térmico entre o homem e o ambiente, onde a geração de calor pelo organismo devido à execução de uma atividade deve ser dissipada em igual proporção ao ambiente, por meio dos mecanismos de trocas térmicas, ou seja, por convecção, radiação, evaporação e condução.

Cabe mencionar os estudos de adaptações para ambientes sem condicionamento térmico e extensões ao PMV propostas por Fanger e Toftum (2002, p. 534), com o estabelecimento do fator de expectativa (e), que para o objeto de estudo pode ser adotado o índice de 0,7 a 0,9, válido para expectativas moderadas em regiões com uso

corrente de ar condicionado para as estações quentes.

Neste trabalho, para a sistematização das informações e permitir uma análise geral foi aplicado o programa *DesignBuilder* (2011), no qual é apresentada a simulação das condições ambientais interna e externas do edifício como um todo, assim como das condições de conforto (Frandoleso et al., 2012b). Foram adotadas as cargas metabólicas definidas pelo software, de acordo com a ocupação e atividade de cada um dos ambientes dos edifícios, bem como das variáveis ambientais do arquivo climático específico para Passo Fundo - RS⁴.

Na Figura 12 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 (quadro azul claro) e entre 20°C e 29°C para verão (quadro vermelho); as temperaturas externas estão representadas em linhas azul escuro, as condições internas nas demais cores. Fica evidente que as temperaturas externas ficam abaixo destes limites em praticamente todo o ano.

³ Segundo a classificação de Köppen (Trewartha, 1980) o clima de Passo Fundo é mesotérmico úmido *Cfa*, com temperatura no mês mais frio entre 0° e 18°C e acima dos 22°C no mês mais quente, com regime pluviométrico bem distribuído ao longo do ano (Frandoleso et al., 2012b, p. 3).

⁴ Arquivo climático *RS_Passo Fundo.epw*, de acordo com Roriz (2012a; 2012b).

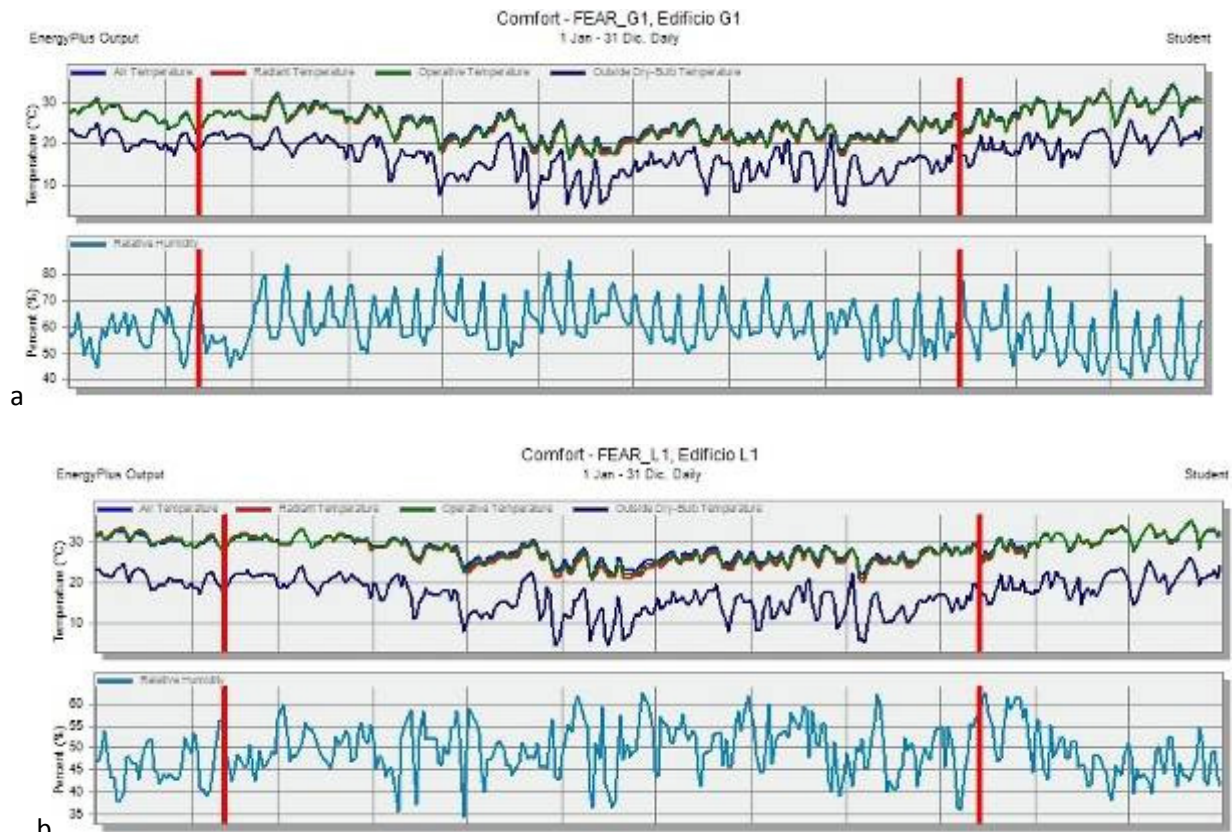


Figura 10 - Resultados das simulações anuais das variáveis ambientais: a. G1; b. L1.

Fonte: Autores, 2013

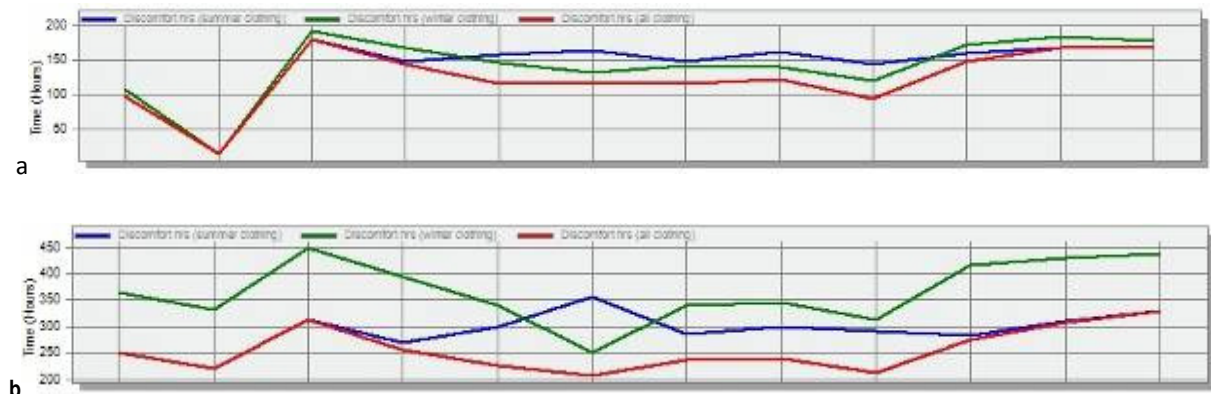


Figura 11 - Resultados das simulações anuais das horas de desconforto: a. G1; b. L1.

Fonte: Autores, 2013

As horas de desconforto para os usuários com vestimenta para verão (leve) apontou 1.706,99 horas para o edifício G1 e 3.516,62 horas para o L1, por outro lado, para as situações com vestimenta de inverno foram 1.689,05 horas para o G1 enquanto que para o L1 4.414,08h. A Figura 13 representa a variação mensal das horas de desconforto: as linhas azuis da vestimenta de verão⁵, em verde para

inverno e em vermelho para todas as situações, com o resultado anual de 1.479,78 horas para o edifício G1 e para o L1 3.074,74 horas anuais, equivalente a 16,89% e 35,09% das 8.760 horas possíveis, respectivamente.

⁵ Nas horas de desconforto estão considerados os períodos em que a combinação das taxas de umidade e de

temperatura operativa se localizam fora das zonas de conforto pela ASHRAE 55 (2004), seja para a vestimenta de verão, inverno e inverno e verão – *all clothing* (DesignBuilder 2011, 618, 625-626).

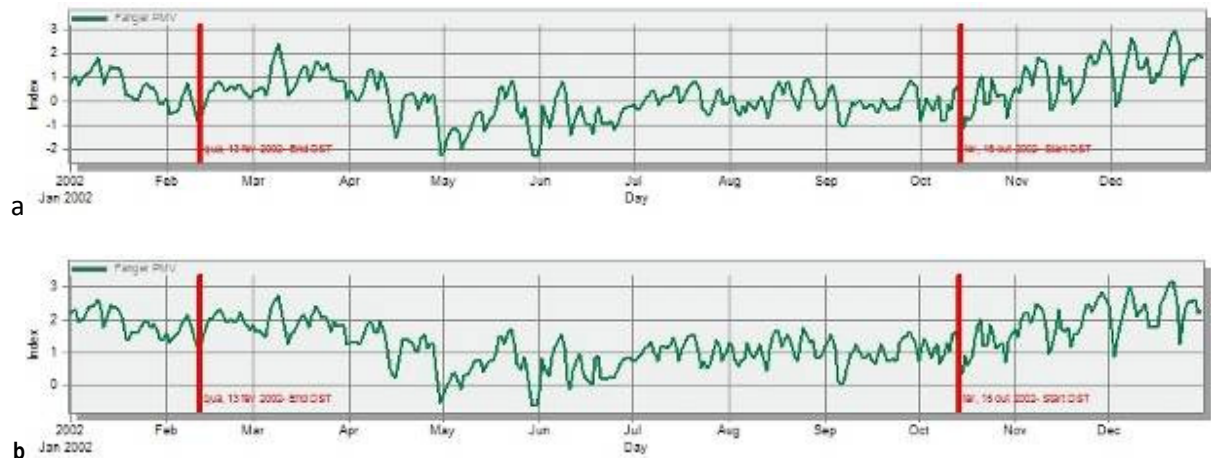


Figura 12 - Resultados das simulações anuais para o índice PMV de Fanger: a. G1; b. L1.

Fonte: Autores, 2013

Nos gráficos da Figura 14 estão representados os índices de PMV de Fanger (1970), os índices negativos são de situações de desconforto com relação ao frio, e as positivas quanto às sensações de calor, seguindo-se os conceitos já mencionados acima. A predominância das sensações de desconforto o frio corroboram os resultados dos outros instrumentos aplicados, especialmente para o edifício G1 (a) com índice PMV anual de -0,19; no edifício L1 (b) a predominância de sensações de desconforto ao calor, com índice PMV anual de +1,35.

5.4. Simulação do desempenho e ganhos térmicos

A simulação do desempenho térmico dos edifícios igualmente utilizou o software *DesignBuilder* (2011), no qual é possível definir as diversas zonas térmicas de acordo com o uso e a orientação solar. Além da possibilidade de modelagem com sistemas multizona, aproximando-se das condições de uso e ocupação reais, esta ferramenta apresenta uma interface gráfica de fácil uso na Arquitetura (Attia et al., 2012).

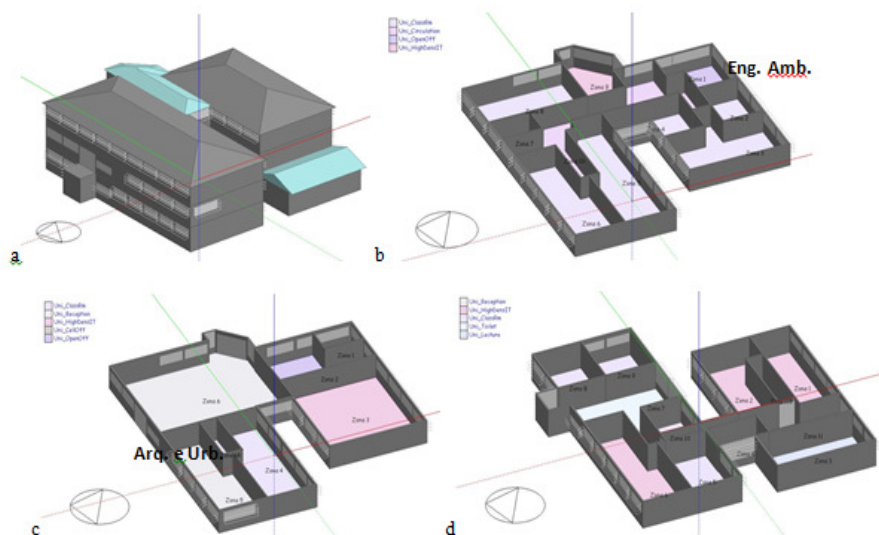


Figura 13 - a Esquema da modelagem do edifício G1 - software DesignBuilder; b. multizonas térmicas pavimento superior; c. multizonas térmicas pavimento térreo; multizonas pavimento subsolo.

Fonte: Autores, 2013

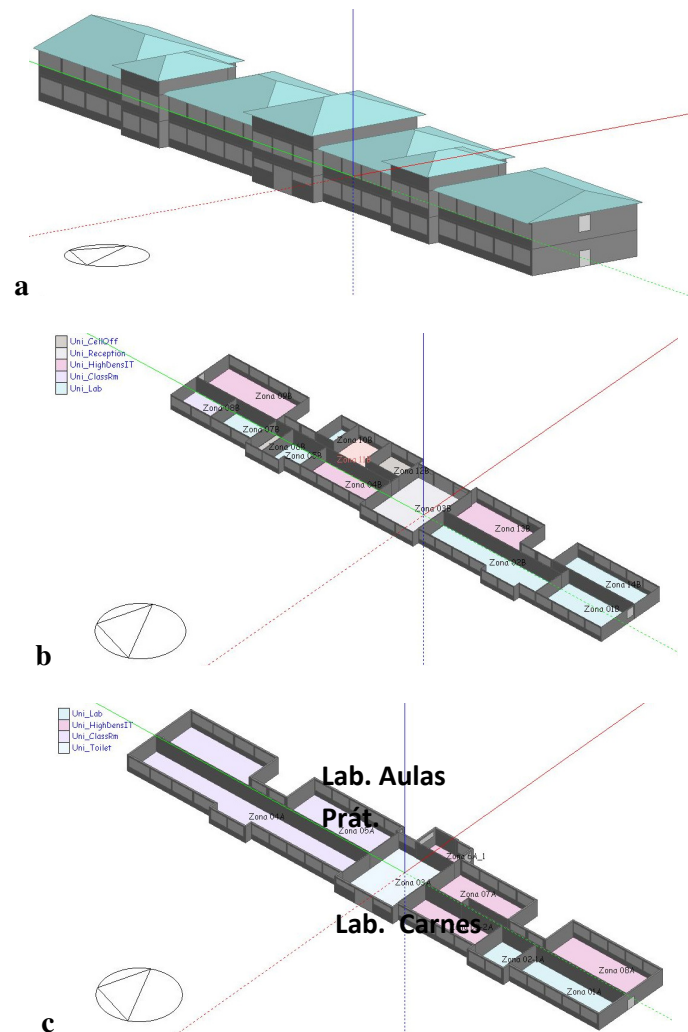


Figura 14 - a. Esquema da modelagem do edifício L1- software DesignBuilder; b. multizonas térmicas pavimento superior; c. multizonas térmicas pavimento térreo.

Fonte: Autores, 2013

No edifício G1 (Figura 15a) os três pavimentos foram agrupados de acordo com as especificidades, percebendo-se no subsolo salas de aula na orientação noroeste laboratórios e salas de professores nas demais, havendo ainda um auditório; no térreo o grande espaço de acesso (quadrante nordeste), setores administrativos (quadrante sudeste) e laboratório de informática (quadrante sudoeste), no quadrante noroeste localizam-se salas de aula e a secretaria do curso de Arquitetura e Urbanismo, onde está localizado o monitoramento de temperatura e umidade relativa - apontada na Figura 15c; no pavimento superior predominam setores de docência, com a localização de mais um ponto de monitoramento, a secretaria de Engenharia Ambiental - localizada na Figura 15b.

Já no edifício L1 (Figura 16a) percebe-se a ocupação de predominante de laboratório e algumas salas de aulas: na ala OSO do pavimento térreo estão localizados diversos laboratórios, e na ala ENE salas de aula, neste pavimento estão localizados os pontos de monitoramento das variáveis ambientais (Laboratório de Carnes e de Aulas Práticas), apontados na Figura 16c; no pavimento de acesso principal à rua, alguns espaços administrativos, porém os laboratórios são o uso majoritário.

Os resultados preliminares da simulação (Figura 17) mostram que os ganhos térmicos internos estão intimamente relacionados com a tipologia arquitetônica e construtiva, ou seja, enquanto que no edifício G1 a principal contribuição está relacionada com a grande densidade de

computadores e equipamentos, no L1 os principais

ganhos são pela radiação solar.

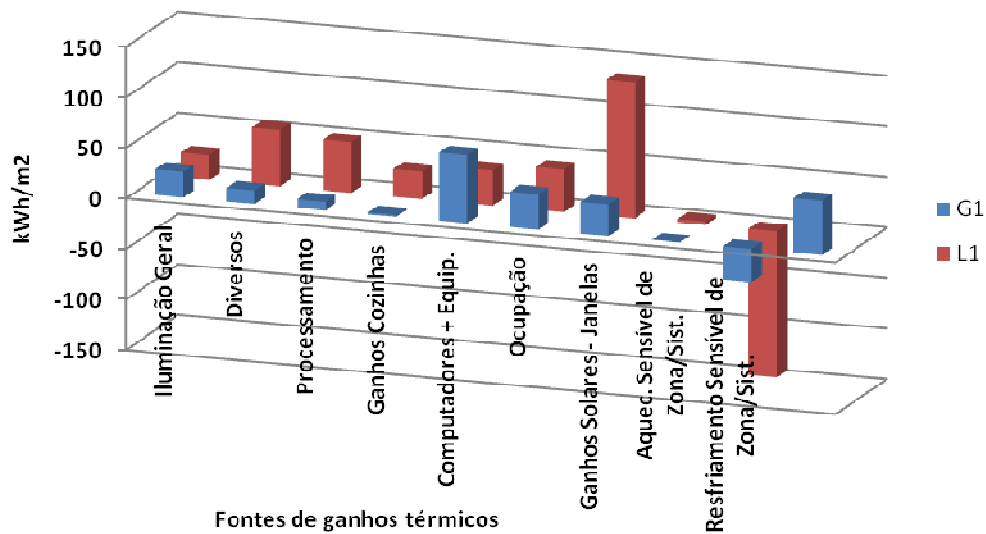


Figura 17 - Comparação entre ganhos térmicos internos L1 e G1.

Fonte: Autores, 2013

Estas diferenças de ganhos internos devem-se ao fato de que o L1 apresenta uma tipologia linear OSO-ENE, com grandes vãos de aberturas na fachada norte sem proteção solar (Figura 18a), enquanto que as janelas do G1 são protegidas por quebra-sóis (Figura 19) e com planta compacta; as diferenças dos ganhos solares podem ser percebidas na Figura 17.

No edifício L1 cabe ressaltar que houve a necessidade de medidas emergenciais, tomadas pelos próprios usuários, para reduzir a radiação solar (Figura 18), demonstrando que além da insatisfação dos usuários com relação ao conforto térmico, os mesmos tomam iniciativas para solucionar problemas de projeto.



Figura 15 - Edifício L1: a. fachada NNO; b. sistema de proteção emergencial adotada.

Fonte: Autores, 2013

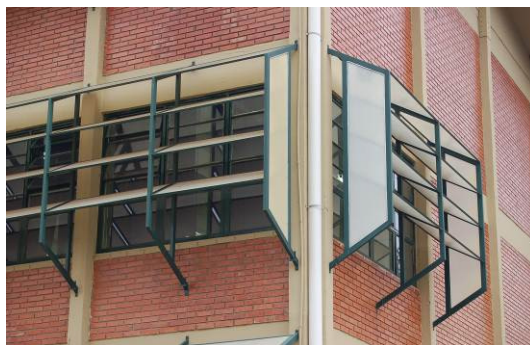
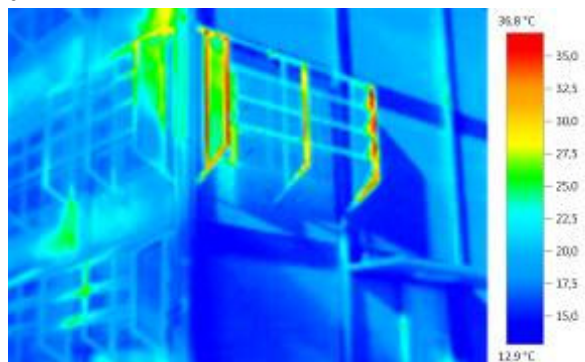


Figura 16- Edifício G: sistema de protetores solares nas fachadas NO e SO.
Fonte: Autores, 2013

Com as imagens de termografia⁶ obtidas com câmara de infravermelhos em um dia de inverno (02 de julho), as diferenças podem ser comprovadas com os dados de temperaturas máximas: 44,6°C na fachada NNE do edifício L1 - Figura 20b - e 36,8°C nas fachadas NO e SO do G1, com o detalhe dos protetores solares apresentados na Figura 20.

a



b

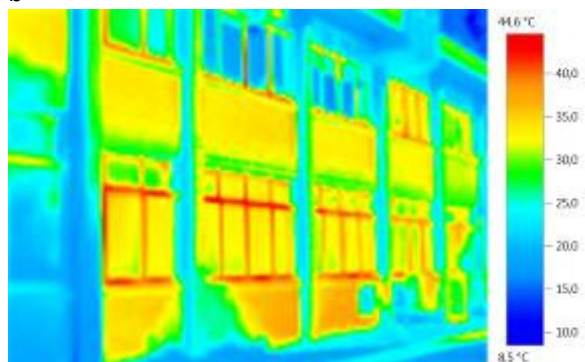


Figura 17 – Termografia das superfícies exteriores (teste 881-1 IIRSoft): a. G1; b. L1.
Fonte: Autores, 2013

⁶ Estudo de termografia com o equipamento termovisor 881-1 teste (teste AG 2011) e o software teste IIRSoft (teste AG 2012).

Consequentemente, a partir dos ganhos térmicos as temperaturas internas no edifício L1 são superiores as encontradas no G1, confirmando os resultados apresentados anteriormente; por um lado este fato é de importância para o condicionamento passivo para o inverno, no entanto devido às necessidades de controle de temperatura nos laboratórios reverte em maior consumo de energia, com maiores complicações nos períodos quentes.

6. CONCLUSÕES E DIRETRIZES DE ECO-EFICIÊNCIA DOS EDIFÍCIOS NA UPF

Uma observação geral quanto os padrões de eficiência energética e térmica é que as normativas brasileiras são atualmente meramente orientativas, sem um caráter de obrigatoriedade de certificação, existindo 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 resultados que permitem definir critérios para a qualificação, e consequentemente, o aumento da eco-eficiência do parque construído da UPF, tanto dos edifícios existentes como os de nova construção. Parte-se do

pressuposto que a aplicação dos conceitos da construção sustentável e a análise da vida útil das edificações sejam imprescindíveis a este processo de melhoria, tanto que como resultado positivo da pesquisa foi a inclusão desta temática nos instrumentos de planejamento da instituição – Plano de Desenvolvimento Institucional PDI-UPF 2012-2016, e na formulação da Política de Responsabilidade Social e Ambiental da universidade.

Nos aspectos mais específicos das edificações do Campus I da UPF, percebe-se que além da revisão dos parâmetros construtivos para as novas construções, com a utilização de envoltória com massa térmica adequada e isolamento de pontes térmicas, se faz imprescindível uma reflexão maior na etapa de lançamento dos projetos para a definição de critérios de orientação solar, adequados às restrições dos diferentes setores da programação arquitetônica, como laboratórios e salas de aula.

Sobre o parque construído atual da UPF, embora apenas com o estudo comparativo de dois edifícios, porém representativos da infraestrutura existente, os resultados obtidos indicam a necessidade de estabelecimento de programas de *retrofitting* a fim de melhorar as condições de conforto térmico, notadamente desfavoráveis, e que correspondam às complexas condições climáticas locais (quente e úmido no verão e frio e úmido no inverno). Tal melhoria deveria incluir o uso de estratégias passivas de resfriamento e ventilação, assim como a implementação de ventilação natural cruzada ou de sistemas de ventilação mecânica (quando imprescindível e de acordo com os usos).

Ressalta-se que estes resultados devem ser analisados considerando-se todos os fatores que apresentam influência no desempenho térmico e energético. Neste sentido, as análises sistêmicas indicam que para atender as necessidades reais dos usuários, o consumo de energia deveria ser maior, já que inexistem condições de habitabilidade interior favoráveis 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.

7. AGRADECIMENTOS

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

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ANINK, D. BOONSTRA, C.; MAK, J. Handbook of sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment. London: James & James, 1996.

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta - USA: ASHRAE, 2004.

ATTIA, S. et al. Selection criteria for building performance simulation tools: contrasting Architects and Engineers needs. Journal of Building Performance Simulation, v. 5, n. 3, p. 155-169, 2012.

BCSD PORTUGAL - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento sustentável. Eficiência energética em edifícios: realidades empresariais e oportunidades. BCSD, 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 - Ciência & Tecnologia. Rio Claro - SP, v. 7, n. 3, p. 24-44, dez. 2007.

CUCHÍ BURGOS, A. La qualitat ambiental als edificis. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2009.

DESIGNBUILDER. DesignBuilder. Software. v. 2.4.2.015, 2011.

FANGER, P. O. Thermal comfort: analysis and application in environmental engineering. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

FANGER, P. O.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy & Buildings*, Elsevier, n.34, p. 533-536, 2002.

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, 6, 2010, Delft, The Netherlands. *Proceedings of ERSCP-EMSU 2010*. TUDelft/The Hague University, 2010. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl/view/conferencepapers/uuid%3Abcd6e05-89d6-45e5-ab51-890e564d83f7/>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

FRANDOLOSO, M. A. L.; BRANDLI, L. L.; PEDROSO, F. D. A melhoria da eco-eficiência do parque construído da Universidade de Passo Fundo - RS: consumo energético e conforto dos usuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora - MG. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC; UFJF, 2012. p. 1-9.

FRANDOLOSO, M. A. L.; BRANDLI, L. L.; PEDROSO, F. D. How to improve eco-efficiency and indoor comfort at University of Passo Fundo - Brazil. In: PLEA2012 CONFERENCE, OPPORTUNITIES, LIMITS & NEEDS TOWARDS AN ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE ARCHITECTURE, 2012, Lima - Peru. *Proceedings...* Lima: PLEA; PUCPE, 2012.

GESTAL. SmartGate M. Disponível em: <<http://www.gestal.com/new/pdf/datasheetGA TEM.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.

HALAC, R.; SCHILLER, S. de; VENTURINI, E. Sustainable Universities: new knowledge and Innovative actions. In: THE 2005 WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 2005, Tokyo. *Proceedings of SB05Tokyo*. Tokyo: CIB, 2005, p. 2316-2322.

ISO – International Organization for Standardization. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: ISO, 2005.

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 energia en la edificación. 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.

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 (RTQ-C). Rio de Janeiro: PROCEL/Eletronbras, 2010. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={F7464D4C-CE30-4137-A741-C889BCB15E3F}&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>>. vol. 2. Acesso em: 07 mar. 2012.

TEIXEIRA, D.; CUNHA, E. G. da. Análise dos níveis de eficiência energética do prédio G1 da FEAR/UPF: instrumentalização do corpo técnico da Universidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE

TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 2010, Canela - RS. Porto Alegre: ANTAC, 2010. 1 CD-ROM.

testo AG. Testo 881 – câmara termográfica: manual de instruções. Lenzkirch: testo AG, 2011.

testo AG. IRSOFT – PC-Software: instruction manual. Lenzkirch: testo AG, 2012.

RORIZ, M. Arquivos climáticos de municípios brasileiros. São Carlos - SP: UFSCar/ANTAC, 2012. Disponível em:<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/sobre_epw.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

RORIZ, M. Arquivo climático Passo Fundo - RS. São Carlos - SP: UFSCar/ANTAC, 2012. Disponível em:<<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

TREWARTHA, G. An introduction to climate. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

USP – Universidade de São Paulo. Agência USP de Inovação. USP sustentabilidade: impacto ambiental na Universidade de São Paulo. São Paulo: USP Inovação, 2009.