AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO EDIFÍCIO V2 DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO[1]

FRANDOLOSO, M.A. L., Universidade de Passo Fundo - UPF, e-mail: frandoloso@upf.br; AZEVEDO, M. A., UPF, e-mail: 128443@upf.br; BIER, A. S., UPF, e-mail: angélica_bier@hotmail.com; MAINARDI, M. S. UPF, e-mail: mainardi_matheus@hotmail.com; MAZIERO, B., UPF, e-mail: 144009@upf.br; PINTO, F. L. UPF, e-mail: 144428@upf.br, SPADER, J. F. UPF, e-mail: 141905@upf.br, REBELATTO, B. G., UPF, e-mail: biancarebelatto@gmail.com; TOMASI, S., UPF, e-mail: 144018@upf.br

ABSTRACT

The thermal comfort in a building is important for the well-being of the user and for the good performance of the activities developed within the built environment. Therefore, it's necessary to maintain appropriate levels of temperature and relative humidity to ensure energy efficiency, and then to minimize the use of active thermal conditioning systems. The study object is part of a research project developed at Universidade de Passo Fundo - UPF, and it has as element of analysis the V2 building. Concomitantly with the occupation of the building in 2015, the analyses verify the thermal conditions of the classrooms through the variables of dry bulb temperature and relative humidity through Data-Loggers. The data obtained from the internal measurements allowed a compilation of time and seasonal diagrams. Also, the information was analysed based on the characteristics and the performance of the building envelope. In this way, it was observed that the thermal sensations of the internal environments, considering the climatic complexity of Passo Fundo, indicate periods of discomfort. Based on the data diagnosis, improvements in the university spaces are being sought, to reach a better academic performance within the structure under analysis, as well as the whole building stock.

***Keywords**: Thermal comfort. Energy efficiency. University building. Thermal conditioning.*

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho insere-se no projeto de pesquisa intitulado "Análise e Diagnóstico da Ecoeficiência na Universidade de Passo Fundo", que trata da inclusão da UPF no cenário das instituições de ensino superior identificadas com a política de eco-campus, ou seja, aquelas universidades orientadas em termos administrativos e pedagógicos para a sustentabilidade, incluindo tais princípios em todas as suas atividades cotidianas (graduação, pesquisa, extensão e administração). Neste sentido, o artigo tem como objetivo geral avaliar os parâmetros de desempenho energético e de conforto térmico para a elaboração de um Programa de Ecoeficiência que seja balizador de novos edifícios e *retrofitting* no Campus I e nos demais *campi* da instituição.

No âmbito das instituições de ensino superior, a resolução de diversas universidades internacionais firmada na Declaração de Talloires (ULSF, 1990) aponta uma visão para incluir os conceitos de desenvolvimento sustentável não apenas em termos de planejamento e gestão administrativa, mas também como um paradigma para todas as ações universitárias. Para tanto,

[1] FRANDOLOSO, M. A. L. *et al*. Avaliação do conforto térmico no Edifício V2 da Universidade de Passo Fundo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

a universidade deve dispor de um ambiente que fomente a construção do conhecimento e que possa servir como laboratório de experiências concretas, reforçando o processo ensino aprendizagem, através da implementação de inovações pedagógicas e tecnológicas, as quais segundo Lehmann et al. (2009), são as únicas chaves para a sustentabilidade.

Especificamente no que tange à tecnologia da construção, a implementação de critérios ambientais e de ecoeficiência nos edifícios, conforme Cuchí i Burgos (2009), tem o objetivo de incidir na maneira de conceber, projetar, construir e utilizar os edifícios, que no caso de um parque construído como da UPF, faz-se relevante para a inclusão da perspectiva da sustentabilidade ambiental nas suas políticas e ações.

Embora o projeto de pesquisa aborde outras questões relacionadas com a ecoeficiência do parque construído, este trabalho apresenta as relações entre o desempenho térmico e conforto ambiental. Partindo-se do pressuposto que as interferências do ambiente e suas variáveis ambientais implicam em condições de satisfação ou insatisfação em relação a estas mesmas variáveis.

Esta temática dos limites de conforto está presente na definição da ASHRAE (2001) como condição da mente em que se expressa a satisfação com o ambiente térmico, produzindo sensações de bem-estar adequadas e suficientes aos ocupantes.

Neste sentido, a ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004) apresenta os limites de 23°C a 26°C nas situações de verão e entre 20°C e 23,5°C no inverno. Por outro lado, Givoni (1992) estabelece relações com as características climáticas de países "em desenvolvimento" entre 20°C/29°C no verão e 17°C/27°C no inverno, tendo em vista as adaptações culturais dos habitantes destas regiões. Em termos de normativas brasileiras, a NBR 16401-2 (ABNT, 2008) e a NR-17 do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2007) ainda vigente, definem outros limites: segundo a NR-17 as condições gerais de conforto se situam entre 20°C e 23°C, com velocidade do ar não superior à 0,75m/s e umidade relativa não inferior aos 40%.

As condições de qualidade do ar interior de salas de aula foram objeto de diferentes estudos, como Mendell e Heath (2005) que indicam interferências na concentração e motivações para o processo de aprendizagem, e consequentemente, no rendimento acadêmico.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo se utilizaram *data-loggers* para o monitoramento das variáveis ambientais: dois deles medindo somente a temperatura – testo 175-T1, e um medindo tanto a temperatura quanto a umidade relativa – testo 175-H2, os aparelhos foram programados para a coleta de dados com intervalo de 15 minutos. Os instrumentos foram instalados nas salas 204 e 304, orientadas à Nordeste, e 307, à Sudoeste, adotando-se os princípios definidos pela ISO 7730 (ISO, 2005) e, simultaneamente com critérios de segurança para os equipamentos afastados do campo visual dos

estudantes.

A partir da análise dos dados foram identificadas as temperaturas e umidades relativas para cada um dos períodos coletados, que coincidem com as estações do ano. Nesta etapa do trabalho foram avaliados estes resultados com base nos limites de conforto definidos por Givoni (1992) para "países em desenvolvimento", tendo em vista sua adaptabilidade às condições climáticas locais: para inverno entre 17°C e 27°C e para verão entre 20°C e 29°C. Estudos complementares estão em desenvolvimento para avaliar as condições de conforto com base nas metodologias de conforto adaptativo (DE DEAR; BRAGER, 1998; 2002).

Os resultados foram comparados os dados das variáveis ambientais com as características da envoltória de cada um dos ambientes, de acordo com as avaliações pelo método prescritivo do RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (BRASIL, 2013a; 2013b) em função da situação do ambiente no edifício (REBELATTO; FRANDOLOSO; FRITSCH, 2016) bem como em função de suas orientações solares.

Permitindo uma contribuição efetiva no processo de pesquisa referente a redução do uso dos recursos naturais e energéticos com enfoque no conforto ambiental dos espaços, este artigo apresenta a análise do desempenho térmico dos ambientes de salas de aula do edifício V2 da UPF, inserido no entorno representado pela Figura 1.

Figura 1. Mapa de situação da edificação em estudo.



Fonte: adaptado de Google Maps.

O edifício (Figura 2) contempla salas de aula, ateliers de desenho, laboratórios e áreas de convivência e setor de serviço distribuídos em três andares, sendo o térreo com área de 1.254,18 m², o segundo pavimento com 1.171,24 m² e o terceiro pavimento com 1.245,50 m², totalizando uma área construída de 3.670,92 m² destinada ao uso de aproximadamente 1.135 alunos dos cursos de Engenharia e Arquitetura.

A obra foi executada entre 2014 e 2015, com estrutura de concreto armado moldado no local e fechamentos externos em alvenaria de tijolos seis furos e internamente divisórias de gesso acartonado. A fachada principal - Sudeste, é composta pelo revestimento de alumínio composto (ACM) e sistema *spider glass* com vidros temperados de 10mm e película reflexiva. Nas fachadas

Nordeste e Sudoeste foram utilizados protetores solares no segundo e terceiro pavimento (REBELATTO; FRANDOLOSO; FRITSCH, 2016).

Figura 2. Edifício V2 – vista Sudoeste.



Fonte: Os autores

3 RESULTADOS OBTIDOS

A partir do monitoramento das variáveis ambientais nas três salas em estudo, foram obtidos dados que permitiram a sistematização segundo cada um dos períodos avaliados, em registros a cada 15 minutos, simplificados nos registros mínimos, máximos e médios.

Para termos de comparação com as propriedades térmicas da envoltória, a avaliação de Rebelatto, Frandoloso e Fritsch (2016) indicou a transmitância térmica das paredes com U=2,4W/m²K, enquanto para as coberturas o coeficiente U=0,6W/m²K.

Na **Figura 1**Figura 3 estão apresentados os valores extremos de temperatura e umidade relativa da sala 204, obtidos pelos equipamentos de medição – *data-loggers*.

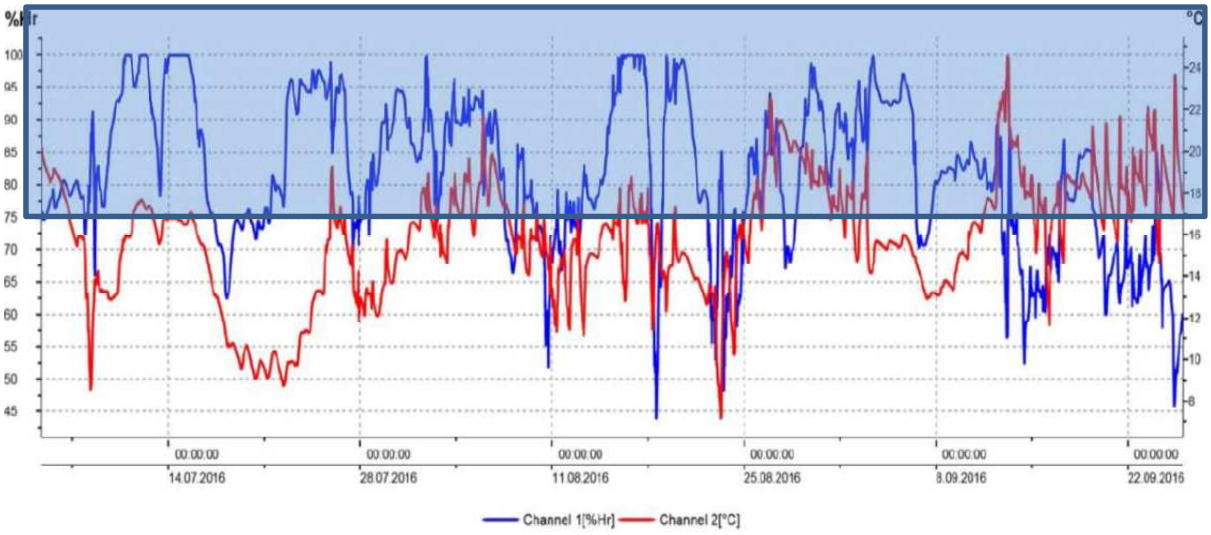
Figura 3. Dados de variáveis ambientais s. 204 - NE, com proteção solar.

PERÍODO	Temperatura (°C)			Umidade (%UR)		
	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
18/09/2015 a 10/12/2015	13,2	27,2	21,469	**33,8**	**99,9**	78,482
10/12/2015 a 03/03/2016	20,8	28,1	24,757	43,5	**99,9**	81,544
08/03/2016 a 31/05/2016	11,3	**30,0**	20,807	53,2	**99,9**	79,913
04/07/2016 a 26/09/2016	**7,1**	24,6	15,839	43,7	**99,9**	81,84
15/12/2016 a 08/03/2017	19,9	29,6	24,887	45,3	**99,9**	80,839

Fonte: Os autores

Desta forma, foi gerado um gráfico pelo sistema de análise do testo Comfort Software Basic 5.0 - Figura 4 - que ilustra as informações coletadas referentes ao inverno e permite uma análise dos limites de conforto segundo Givoni (1992), identificados em azul nos gráficos.

Figura 4 Variáveis ambientais s. 204: temperatura e umidade e limites de conforto; 04/07/2016 a 26/09/2016.



Fonte: Os autores

A partir destes dados, percebe-se que as temperaturas estiveram abaixo do nível de conforto na maior parte do tempo. Isto ocorre tendo em vista que a sala possui orientação solar Nordeste e *brises-soleil* externos, que bloqueiam a entrada de raios solares e, consequentemente, de calor. Além disso, as vedações externas são compostas por alvenaria com baixa inércia térmica e esquadrias de vidro com baixa estanqueidade, facilitando as perdas de calor. Já a temperaturas máximas ocorrem geralmente em períodos não letivos, janeiro/fevereiro

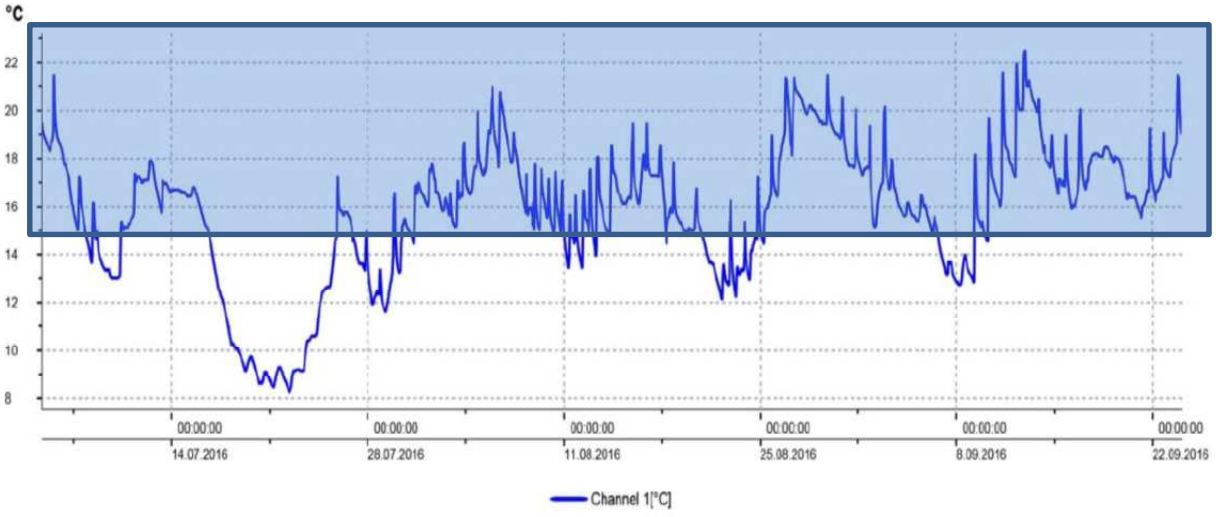
Na sala 304 - Figura 5 - registrou-se temperatura mínima 8,2°C, que ocorreu no mesmo período da análise da sala anterior; a representação deste período na Figura 6 ilustra a incidência de temperaturas abaixo dos limites de conforto. Porém, a temperatura máxima registrada de 31,2°C ocorreu em período letivo, com interferência nas condições de conforto, devido ao fato de se localizar no último pavimento da edificação, estando sob influência direta da passagem de calor descendente através da cobertura, mesmo com U=0,6W/m²K, equivalente ao nível A de eficiência energética segundo os requisitos do RTQ-C (BRASIL, 2013a; 2013b).

Figura 5. Dados de variáveis ambientais s. 304 – NE, com proteção solar.

PERÍODO	Temperatura (°C)		
	Mínima	Máxima	Média
18/09/2015 a 09/12/2015	16,6	26,8	21,517
10/12/2015 a 01/03/2016	20,3	30,7	25,328
08/03/2016 a 29/05/2016	12,3	29,8	20,44
04/07/2016 a 24/09/2016	**8,2**	22,5	15,792
15/12/2016 a 06/03/2017	20,8	**31,2**	25,257

Fonte: Os autores

Figura 6 Variáveis ambientais s. 304: temperatura e limites de conforto; 04/07/2016 a 26/09/2016.



Fonte: Os autores

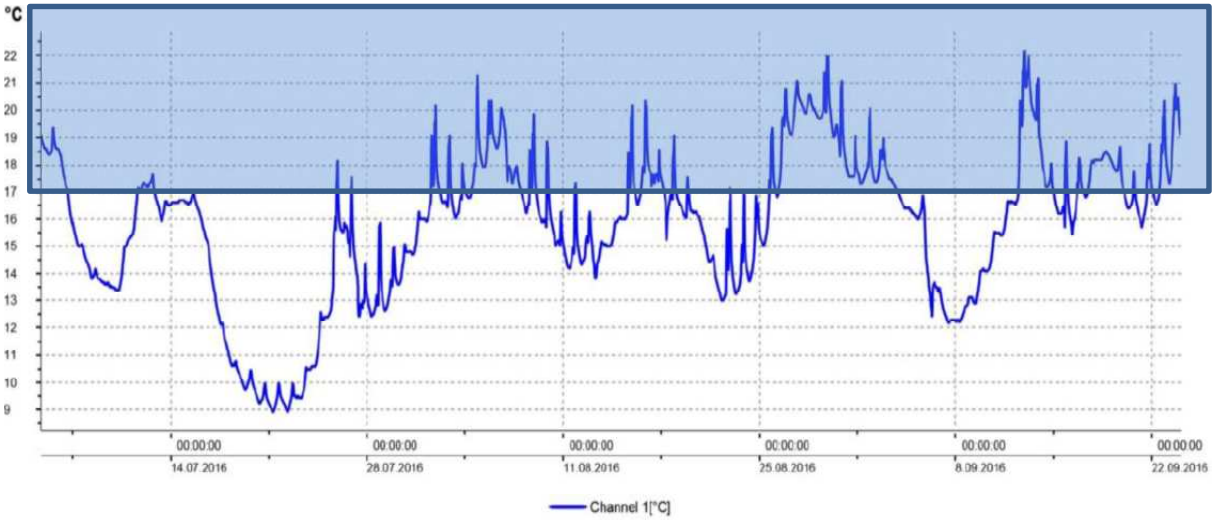
Na sala 307 as variáveis máximas e mínimas - Figura 7 - ocorreram em padrões semelhantes ao observado na sala 204, embora com orientação diferenciada. Assim, constatou-se que, como nas salas anteriores, este ambiente também não se enquadra nos níveis adequados de conforto, segundo os limites de Givoni (1992), de acordo com a Figura 8.

Figura 7. Dados de variáveis ambientais – sala 307 - SE, com proteção solar.

PERÍODO	Temperatura (°C)		
	Mínima	Máxima	Média
11/11/2014 a 01/02/2015	17,8	25,5	20,392
26/04/2016 a 04/07/2016	**8,6**	21,4	15,345
04/07/2016 a 24/09/2016	8,9	22,2	15,828
15/12/2016 a 06/03/2017	21,3	**28,6**	24,605

Fonte: Os autores

Figura 8 Variáveis ambientais s. 307: temperatura e limites de conforto; 04/07/2016 a 26/09/2016.



Fonte: Os autores

Com base nos registros das temperaturas e umidade relativa das três salas em estudo e avaliações relacionadas com os limites de conforto apresentados por Givoni, percebem-se que as características de complexidade climática de Passo Fundo, com verões quentes e invernos frios e úmidos, com grandes amplitudes térmicas diárias - Zona Bioclimática 2, tem um impacto direto nas condições de conforto interno. Em função do regime letivo de utilização dos ambientes acadêmicos, entre fevereiro e dezembro, este impacto se revela mais importante nos períodos de temperaturas baixas de outono, inverno e primavera.

Faz-se imprescindível que as características das envolventes do edifício reflitam as demandas de conforto dos usuários, a partir das estratégias de melhoria destas características.

4 CONCLUSÕES

As avaliações aqui apresentadas permitiram avaliar as condições de variáveis ambientais e características da envoltória, que resultam em situações de desconforto aos usuários, principalmente nos períodos frios. No entanto, devem ser avaliados de maneira integrada, inclusive com outros fatores como a caracterização dos sistemas de iluminação e condicionamento térmico.

O estudo demonstra que as premissas de melhoria da envolvente e nos sistemas de condicionamento ativo são imprescindíveis para alcançar um desempenho térmico e energético eficiente, por meio do emprego de estratégias mistas ou passivas, aproveitando as condições climáticas externas favoráveis, como insolação e ventilação natural.

Outro elemento relevante é avaliar as condições do ambiente interno nas instituições de educação superior de maneira que este mesmo ambiente possa se transformar em exemplos práticos da aplicação de estratégias de construção sustentável para o parque construído atual e futuro da Universidade, ou de outras instituições similares.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2**: **instalações de ar-condicionado. sistemas centrais e unitários. parte 2: parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Handbook**: **fundamentals**. Atlanta **–** USA: ASHRAE, 2001.

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

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 17 - ergonomia**. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978; atualizada pela Portaria SIT n.º 13, de 21 de junho de 2007.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. In: **INMETRO** [On-line]. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017. 2013a.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013. In: **INMETRO** [On-line]. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001982.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017. 2013b.

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

DE DEAR, R.J.; BRAGER, G.S. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. **ASHRAE Technical Data Bulletin**. Atlanta - USA: ASHRAE, 1998, vol. 14, n.1, p. 27-49. ISSN 0884-0490.

_____. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, July 2002, vol. 34, p. 549**–**561. ISSN 0378-7788. Special Issue on Thermal Comfort Standards.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, 1992, vol. 18, p. 11-23.

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.

LEHMANN, M. et al. University engagement and regional sustainability initiatives: some Danish experiences. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, issue 12, august 2009, p. 1067-1074.

MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? a critical review of the literature. **Indoor Air Journal**, Jan. 2005, vol. 15, issue 1, p. 27-32.

REBELATTO, B. G.; FRANDOLOSO, M. A. L.; FRITSCH, R. C. Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency. In: SBE16 BRAZIL & PORTUGAL. SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT. 2016, Vitória, Brazil. **Anais eletrônicos**... Vitória: UFES/Universidade do Minho, 2016. Disponível em:<http://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_1-Pag_217.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

ULSF UNIVERSITY LEADERS FOR A SUSTAINABLE FUTURE. **Declaración de Talloires**: **declaración de líderes de universidades para un futuro sostenible**. In: ULSF. [On-line]. ULSF, 1990. Disponível em:<http://www.ulsf.org/pdf/Spanish_TD.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2005.