

INTEGRAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO *ENERGYPLUS* NO PROCESSO DE PROJETO DE UM EDIFÍCIO DE ALTO DESEMPENHO

MARQUES R, NAYARA. (1); CARLO C, JOYCE. (2); TIBIRIÇÁ G, ANTÔNIO CLEBER.
(3); GIACOMINI, GIOVANI. (4).

1. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil
Praça José da Costa Dias, 22 ap 302 Clélia Bernardes, Viçosa, MG. CEP 36570-000
E-mail: nayararoma@gmail.com

2. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Avenida Peter Henry Rolfs s/n - Viçosa, MG. CEP 36571-000
E-mail: joycecarlo@ufv.br

3. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Avenida Peter Henry Rolfs s/n - Viçosa, MG. CEP 36571-000
E-mail: tibirica@ufv.br

4. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil
Avenida Peter Henry Rolfs s/n - Viçosa, MG. CEP 36571-000
E-mail: giovani@ufv.br

Palavras Chave: Processo de projeto, simulação termoenergética, conforto ambiental.

Resumo

O artigo discute o uso do programa de simulação termoenergético *EnergyPlus* no processo de projeto de um edifício institucional, com vistas à obtenção de uma edificação eficiente em termos de conforto higrotérmico e quanto ao uso de energia elétrica. Como objeto de estudo, foi adotado o anteprojeto de um edifício da Universidade Federal de Viçosa, que foi analisado para criar um modelo para simulação. Os dados gerados foram referentes às temperaturas operativas, no caso de condicionamento natural, e cargas térmicas, para condicionamento artificial. Hipóteses de projeto foram estabelecidas e simuladas, fornecendo resultados para a avaliação e escolha das melhores alternativas para o projeto. As saídas retroalimentaram o processo de projeto, integrando análises de conforto ambiental e eficiência energética às decisões arquitetônicas. Os resultados mostraram que é preciso haver compreensão dos conceitos de conforto ambiental e organização da equipe de projeto. As principais mudanças decorrentes das simulações abrangeram o uso de materiais, a geometria das aberturas e as proteções solares.

Keywords: *Design process, thermo energetic simulation, comfort environmental.*

Abstract

This article discusses the use of the energy simulation program EnergyPlus in the design process of an institutional building, in order to obtain an efficient building in terms of hygrothermal comfort and in the use of electricity.. The object of study adopted was the draft of a building at the Federal University of Viçosa, which was analyzed to create a simulation model. The data generated were for operating temperatures in the case of natural conditioning and thermal loads for artificial conditioning. Hypotheses of design were established and simulated providing results for the evaluation and selection of the best alternatives for the project. The outputs gave feed back into the design process by integrating analysis of environmental comfort and energy efficiency to architectural decisions. The results showed that there must be understanding of the concepts of comfort and organization of the project team. The main changes resulting from simulations covered the use of materials, geometry of the openings and solar protection.

1. INTRODUÇÃO

“O processo de projeto constitui uma das interfaces mais complexas e um dos principais desafios para a indústria da construção” (GRILLO; MELHADO, 2003, p.1). Cada vez mais os empreendimentos exigem maior rigor técnico em sua elaboração e no seu gerenciamento. O projeto deve atender uma série de normas e regulamentos que aumentam a complexidade do seu desenvolvimento e, portanto, é fator de extrema importância nas etapas do ciclo de vida das construções.

Entretanto, mesmo considerado de grande importância para o sucesso do desempenho ambiental da edificação, o processo de projeto apresenta falhas. Bertezini e Melhado (2004, p.1) afirmam que “uma parcela significativa dos problemas enfrentados durante a construção e o uso do edifício tem origem na má qualidade das informações fornecidas em projeto”.

Na análise do ciclo de vida das construções, oportunidade em que se pode verificar o quão a elaboração do projeto é parte vital para a promoção da eficiência da edificação inclusive em termos de parâmetros ambientais, um dos aspectos importantes a se considerar são os relacionados à adoção de políticas incentivadoras do desenvolvimento de uma arquitetura sustentável. Dentre essas políticas, a adoção de programas simuladores, de sistemas de avaliação e de classificação de desempenho ambiental e da sustentabilidade de edifícios, representa um papel fundamental (MELHADO, 2001). Nessa direção, os métodos de avaliação existentes partilham o objetivo de encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, promovendo avaliações que podem ser simplificadas para orientar projetistas ou atribuir certificações ambientais aos edifícios ou detalhadas para o diagnóstico de eventuais necessidades de intervenção (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003).

A dificuldade de se desenvolver um projeto coerente com o discurso sobre conceitos de sustentabilidade e desempenho ambiental está diretamente relacionada às habilidades e ao conhecimento profissional adquirido pelos projetistas, além da consequente prática dessas habilidades. No processo de projeto, uma das formas de melhor resolver questões relativas às habilidades e ao conhecimento profissional perpassa pelo desenvolvimento do projeto como parte do processo de gerenciamento de projeto. Mills e Glass, (2009, p.76) definem que “gerenciamento de projetos é entendido como a regulamentação e coordenação do processo projetual, que resultará em um edifício de alta qualidade”. Complementaram que na maioria das vezes as falhas de projeto, ou o baixo índice de desempenho ambiental atingido pelas construções, decorre da falta de conhecimento dos arquitetos e profissionais das áreas afins. Os problemas relacionam-se à habilidade de se desenvolver certas aptidões, ou da existência de alguns atributos necessários ao desenvolvimento de um projeto de alto desempenho.

O desenvolvimento de uma arquitetura mais eficiente e adequada ao clima onde está inserida pode se apoiar em cálculos específicos para o desempenho termoenergético e luminoso das edificações. Para isso, o uso de programas de simulação facilita a análise de grande número de dados e, a partir dos resultados e das análises realizadas, torna-se possível melhor orientar as decisões de projeto (RAMOS; GHISI, 2010).

Utzinger e Bradley (2009) discutiram sobre como o uso de simulação foi integrada ao processo de projeto com a finalidade de se produzir um edifício de caráter sustentável. A simulação propiciou informações sobre o desempenho esperado do edifício e também auxiliou na avaliação das cargas térmicas da envoltória do prédio e no desempenho da iluminação natural.

A preocupação ambiental e com o desempenho deve ser considerada na fase de planejamento, o que contribui para criar informações valiosas sobre a viabilidade de um projeto (POLLOCK *et al.*; 2009).

Venâncio e Pedrini (2011) ponderam que muitos arquitetos utilizam seus conhecimentos empíricos para tomar decisões em relação ao conforto e desempenho térmico das edificações e muitas vezes dão origem a projetos arquitetônicos de qualidade. Entretanto, afirmam que o uso de avaliações quantitativas dá mais suporte e eleva o processo de projeto a patamares mais avançados. Em contrapartida, eles indicam que a profundidade da abordagem da simulação termoenergética, de caráter quantitativo, é menor nas avaliações destinadas à produção da arquitetura do que as avaliações voltadas aos questionamentos científicos da academia.

Nesse meio, o uso de ferramentas computacionais para avaliação do desempenho das edificações tem sido muito discutido, como em Carlo e Lamberts (2010) e em Roderick *et al.* (2009). Dentre os diversos programas de simulação disponíveis, destaca-se o programa *EnergyPlus*, usado neste trabalho, que integra diferentes sistemas que compõem a edificação: arquitetura, participante das cargas térmicas e dos parâmetros de luz natural, iluminação, sistemas de condicionamento natural ou artificial, e demais sistemas como equipamentos, elevadores e de geração local de energia, além da ocupação do edifício.

Esses procedimentos de análise podem ser integrados ao processo do projeto de forma dinâmica, com a retroalimentação das informações, e até das demandas projetuais, atualizadas a cada nova solução fornecida pela equipe de projeto, que inclui o simulador.

2. OBJETIVOS

O trabalho apresentado tem como objetivo utilizar o programa de simulação termoenergética *EnergyPlus* como uma ferramenta de auxílio ao processo de projeto arquitetônico. Os objetivos específicos são modelar uma proposta de projeto em sua fase de estudo preliminar; indicar

soluções e retroalimentar as demandas projetuais e ainda verificar quais das presumíveis decisões arquitetônicas tomadas durante o processo de projeto apresentam as melhores respostas para obter uma edificação de alto desempenho.

3. METODOLOGIA

Como procedimento metodológico, adotou-se como objeto de estudo, o anteprojeto do edifício IDATA – Instituto de Dados e Metadados (Figura 1), ligado à Reitoria da Universidade Federal de Viçosa, campus Viçosa-MG, que tem por objetivo centralizar, armazenar e disponibilizar os dados produzidos em experimentos realizados pela universidade.

O edifício será implantado em um terreno de 10.166,80m² e prevê uma intervenção máxima de 1.908,16m² dessa área total, o que inclui dois pavimentos e um estacionamento para 106 carros.

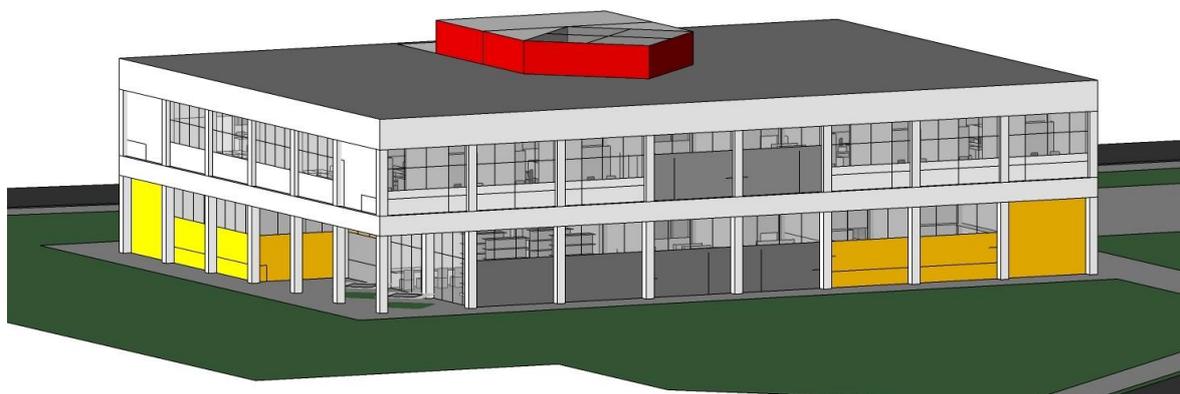


Figura 1 – Maquete Digital IDATA (modelo inicial - anterior às simulações)

O programa de necessidades do projeto prevê: para o térreo (primeiro pavimento) uma área de captação e armazenamento de dados - com depósitos e salas de apoio e suporte- e, ainda biblioteca, diretoria, copa/cozinha, sanitários e circulações horizontal e vertical; para o segundo pavimento, os laboratórios com computadores, sanitários e circulação.

Uma característica relevante do IDATA é que, por ser um edifício de processamento de dados, seu programa de necessidades prevê grandes ambientes com um elevado número de computadores. Esses foram concentrados no segundo pavimento, segundo definido no estudo preliminar. O calor gerado por esses equipamentos, a dissipação para os ambientes internos e a necessidade de manutenção das condições de umidade e temperatura do ar foram determinantes para que esses ambientes sejam artificialmente condicionados e, conseqüentemente, a maior parte do segundo pavimento é também condicionada.

Inicialmente, o estudo preliminar do projeto do IDATA foi analisado para criar um modelo térmico da edificação para a simulação no programa termoenergético *Energy Plus*-versão 6 (CRAWLEY *et al.*,2001), que reproduziu a volumetria e o partido previamente estabelecidos. O edifício foi

zoneado (Figura 2) considerando os tipos de climatização passivo e ativo, por meio da ventilação natural e do condicionamento artificial do ar, respectivamente. Os banheiros não foram analisados por serem locais de curta permanência e, portanto, não carecem de análise de desempenho.

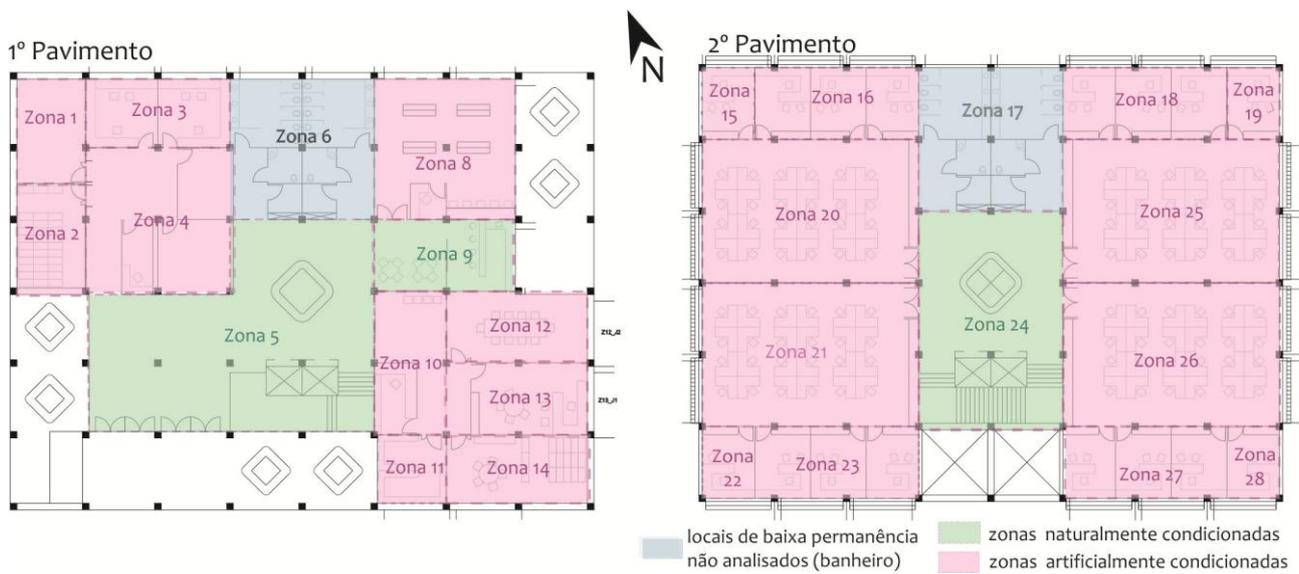


Figura 2 – Zoneamento do Modelo Térmico

As primeiras decisões de projeto relacionadas ao conforto ambiental foram conceituais e tomadas ainda em na fase de concepção, de acordo com os conhecimentos previamente adquiridos. A primeira proposta foi modelada e sendo estabelecidos também: os materiais que compõem os fechamentos, o número de ocupantes e os equipamentos que farão parte da edificação também foram estabelecidos (Tabela 1), as zonas correspondentes às áreas de circulação foram omitidas (zona 5 e 24). Adotou-se uma rotina (padrão de uso do edifício) comum a todo edifício institucional universitário, com início das atividades às 8h e término às 18h, sem funcionamento aos finais de semana e expediente reduzido no período de férias escolares.

Tabela 1 – Características do modelo simulado

Parâmetro	Zoneamento									
	Zona 3	Zona 4	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Zona 15	Zona 16
Nome	Apoio	Recepção	Biblioteca	Cozinha	Secretaria	Reunião	Diretor	Convênios	Professores	Professores
Dimensões (m)	4,2 x 9,0	8,8 x 9,0	8,6 x 8,6	4,4 x 8,6	5,9 x 8,8	4,4 x 7,3	4,4 x 7,3	4,2 x 8,8	3,2 x 4,4	4,4 x 10,0
Pavimento	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	1 pav	1 pav
Pé-direito (m)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0
Ocupação (nº pessoas)	6	2	10	12	5	10	3	5	3	9
Equipamentos (W/m²)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Iluminação média (W/m²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Parâmetro	Zoneamento									
	Zona 18	Zona 19	Zona 20	Zona 21	Zona 22	Zona 23	Zona 25	Zona 26	Zona 27	Zona 28
Nome	Professores	Professores	Comput.	Comput.	Professores	Professores	Comput.	Comput.	Professores	Professores
Dimensões (m)	4,4 x 10,0	3,2 x 4,4	8,8 x 13,2	8,8 x 13,2	3,2 x 4,4	4,4 x 7,3	8,8 x 13,2	8,8 x 13,2	4,4 x 10,0	3,2 x 4,4
Pavimento	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav	1 pav
Pé-direito (m)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ocupação (nº pessoas)	9	3	24	24	3	9	24	24	9	3
Equipamentos (W/m²)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Iluminação média (W/m²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Para o caso de condicionamento natural os dados analisados foram as temperaturas operativas dos ambientes internos, a fim de verificar as condições de conforto térmico. Segundo ASHRAE STANDARD 55 (2003), uma zona de conforto pode ser determinada com a temperatura operativa e umidade relativa, velocidade do ar, a taxa metabólica e o isolamento térmico fornecido pelas vestimentas. A zona de conforto é definida em termos de uma gama de temperaturas operativas que fornecem condições ambientais térmicas admissíveis ou combinações de temperaturas do ar e temperaturas médias radiantes que as pessoas consideram termicamente aceitável.

Para a análise das temperaturas operativas foi utilizada a norma europeia de conforto EN 15.251 (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2007). A norma apresenta um gráfico (Figura 3) que relaciona as temperaturas externas com as temperaturas operativas coletadas em ambientes naturalmente ventilados, e se aplica apenas a locais onde os ocupantes possuem controle sobre as aberturas e estão em atividade metabólica entre 1,0 e 1,3met, que é compatível com a atividade a ser exercida no edifício.

Os resultados encontrados foram classificados de acordo com a EN 15251 (2007): entre os limites superior e inferior das Categorias I, mais rigorosa em termos de preferências térmicas, II e III, esta última a menos rigorosa para que haja conforto térmico no ambiente, ou fora dos limites da Categoria III, acima ou abaixo, que se configuram como desconforto por calor e por frio, respectivamente.

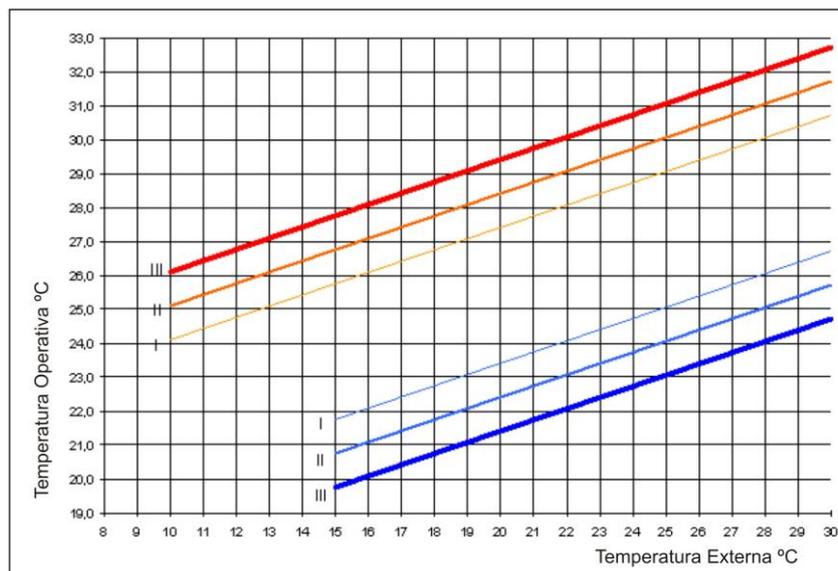


Figura 3 – Limites de conforto referentes à temperatura operativa interior de edifícios passivamente condicionados em função da temperatura externa

Para o condicionamento artificial, foram consideradas as cargas térmicas provenientes das paredes, cobertura, janelas, pisos, zonas adjacentes, ocupação, iluminação e equipamentos, também segundo a ASHRAE STANDARD 55 (2003).

Com o modelo base definido (Figura 4), foram criadas três hipóteses de projeto (alternativas de simulação), que incluíram dispositivos de proteção solar (Figura 5) e materiais especiais como isolantes térmicos na cobertura e vidros especiais nas aberturas.

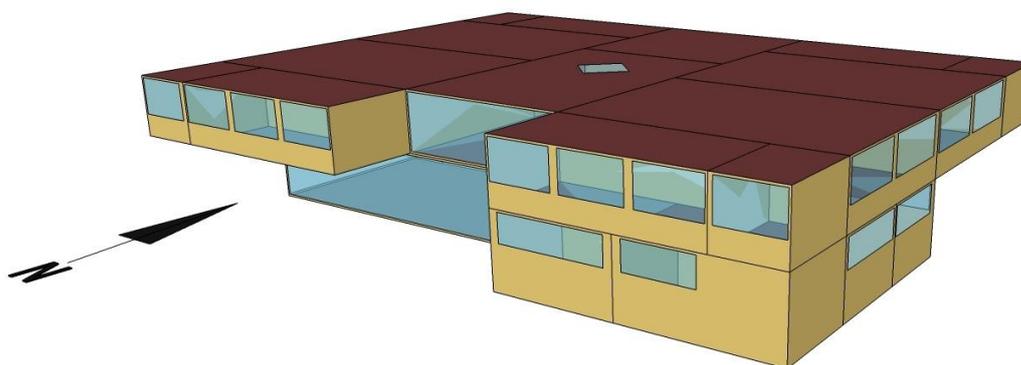


Figura 4 - Modelagem do edifício IDATA sem proteções solares – vista SE

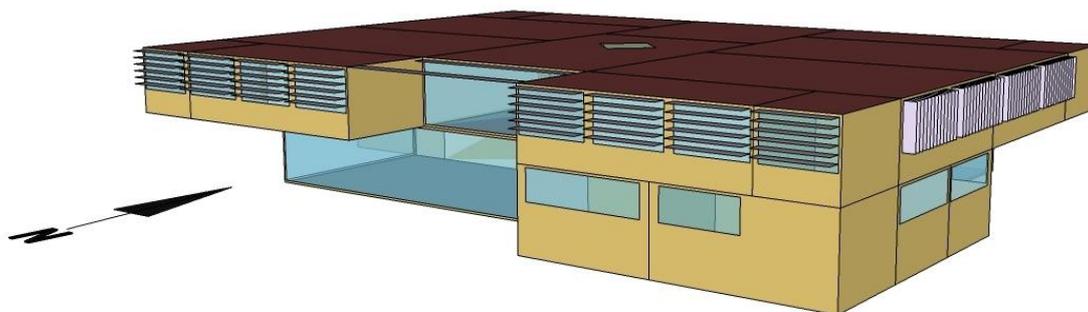


Figura 5 – Modelagem do edifício IDATA com proteções solares – vista SE

Essas alternativas simuladas no programa *EnergyPlus* forneceram resultados para avaliação e seleção das características a serem incorporadas no modelo base. As saídas retroalimentaram as etapas do processo de projeto ao integrar as análises de conforto ambiental e eficiência energética nas decisões arquitetônicas.

A equipe envolvida no processo de simulação era composta pelo arquiteto autor e responsável pelo desenvolvimento do projeto e a arquiteta especialista que realizava as simulações. Ao primeiro cabiam as decisões finais embasadas nos resultados fornecidos pelas simulações e à segunda a coordenação da comunicação e a interação da equipe durante o processo, que incluiu o registro das atividades a executar (planejamento) e executadas (registro do fato), realizando a retroalimentação do processo por análise crítica. O trabalho foi desenvolvido em quatro meses com reuniões mensais presenciais registradas por meio de atas e comunicação *on line* periódica. Por se tratar de um projeto institucional, foi necessário respeitar restrições orçamentárias e atender questões legais inerentes aos fatores ambientais da instituição.

Tratou-se, portanto, de um processo cíclico, devidamente organizado e gerenciado onde alternativas de projeto foram estudadas e simuladas, como o dimensionamento de proteções solares e aberturas e a especificação de diferentes materiais e componentes nos fechamentos horizontais e verticais.

4. RESULTADOS

Das 16 semanas de processo de projeto com uso da ferramenta de simulação, quatro foram dedicadas à modelagem do caso base e ao acréscimo de materiais básicos. Com base nesses resultados foi possível identificar pontos no projeto que careciam de atenção especial, como as baixas temperaturas encontradas nos ambientes térreos, que tem influência do contato direto da laje de piso com o solo. As demais semanas foram dedicadas ao processo cíclico de análise que abrangeu o desenvolvimento e estudo das alternativas estabelecidas, que conduziram às decisões finais do projeto.

4.1. Análise dos ambientes condicionados artificialmente

Como grande parte dos ambientes deverá utilizar um sistema de condicionamento de ar, portanto não ficará sob condições de ventilação natural, as trocas entre os ambientes condicionados e o ambiente externo foram minimizadas por meio da redução das aberturas, adição de proteções solares, utilização de vidros (6 mm) com baixa transmitância e materiais com propriedades de isolamento térmico, fazendo com que a demanda de carga térmica nos ambientes seja reduzida e conseqüentemente o consumo de energia elétrica (Figura 6).

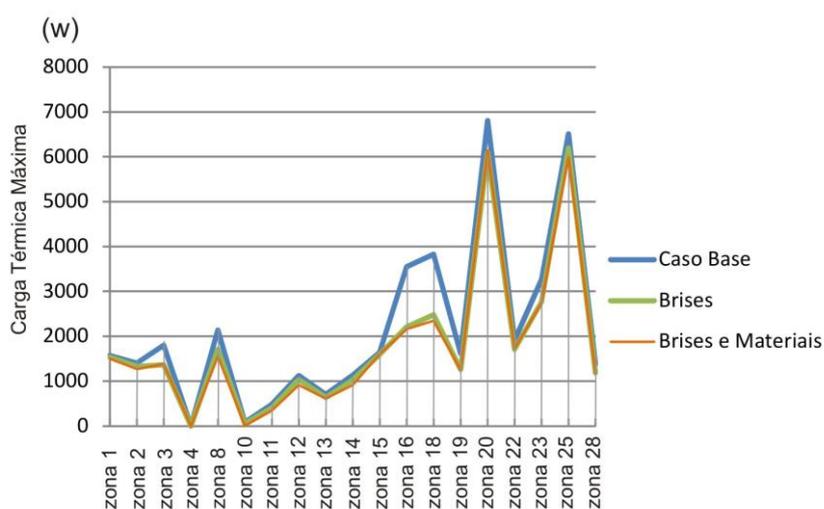


Figura 6 – Cargas Térmicas (resfriamento) das zonas artificialmente condicionadas

Foram analisadas apenas 19 das 22 zonas artificialmente condicionadas do edifício IDATA, pois 3 zonas tinham desempenhos semelhantes às analisadas. A temperatura de *set point* adotada foi de 22°C e a soma da carga térmica para resfriamento nas diferentes alternativas não excedeu 41kW. Tal carga térmica é pequena e, não justifica a instalação de um sistema central de ar condicionado central. A análise por zona indicou que as zonas 20 e 25 apresentaram as maiores cargas térmicas, 7kW e 6,5kW, respectivamente. A implementação das medidas de conservação de energia nas alternativas reduziu esta carga para aproximadamente 6kW. Já as zonas 16 e 18 apresentaram a maior redução de carga térmica com a implementação das medidas, com um decréscimo aproximado de 1,5kW.

A partir desses resultados foram selecionados os modelos de aparelhos do tipo *split* (Tabela 2) que melhor atendem às características de cada zona, com base na classificação estabelecida pelo Inmetro (BRASIL, 2011). Os critérios para seleção foram, além da capacidade do equipamento, a existência de Selo PROCEL de economia de energia (BRASIL, 2011), que se relaciona com a

faixa de classificação de nível de eficiência A, segundo o Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro.

O número de condicionadores especificados foi um importante dado a ser considerado no projeto devido ao espaço físico necessário para as unidades externas dos condicionadores. Não é desejável que estas fiquem expostas nas fachadas, embora se saiba que elas devem ser adequadamente ventiladas. Uma área técnica no ático da cobertura foi reservada para a instalação de tais equipamentos, evitando que livrando as fachadas sofram interferência na de alteração de sua composição.

Tabela 2 – Características dos modelos de ar condicionado escolhidos

Capacidade de Refrigeração Nominal			Faixa de Classificação	Zonas	
W	BTU/h	kW		220V	Térreo
Até 2.051	7,000	2,05	A	1, 2, 3,8	15,16,18,19,22,28
Até 3.516	12,000	3,52	A	-	13,27
Até 7.032	24,000	7,03	A	-	20,21,25,26

4.2. Análise dos ambientes naturalmente ventilados

Das 28 zonas térmicas modeladas para o edifício IDATA, apenas três preveem condicionamento passivo, sendo duas delas no térreo (zona 5: circulação, e, zona 9:copa) e apenas uma no segundo pavimento (zona 24:circulação).

Em relação ao modelo base, os elementos que foram incorporados na edificação como proteções solares e materiais construtivos com melhor desempenho térmico fizeram com que as temperaturas operativas decaíssem significativamente. Os resultados classificados de acordo com a EN 15.251 (2007) mostram que as zonas localizadas no térreo, a maioria das temperaturas operativas encontradas estava abaixo do limite mínimo da Categoria III, o que se configura como desconforto por frio.

Além disso, pode-se observar que o número de horas em que as temperaturas operativas encontram-se fora (abaixo) de uma das Categorias estabelecidas pela EN 15251 aumenta com o acréscimo de brises e materiais na modelagem do objeto de estudo. A quantidade de horas que não atende aos critérios das Categorias é maior nos casos Brises + Materiais e Brises, comparado ao Caso Base. Pode-se observar o percentual de horas em conforto na categoria III para cada um dos casos na Figura 7.

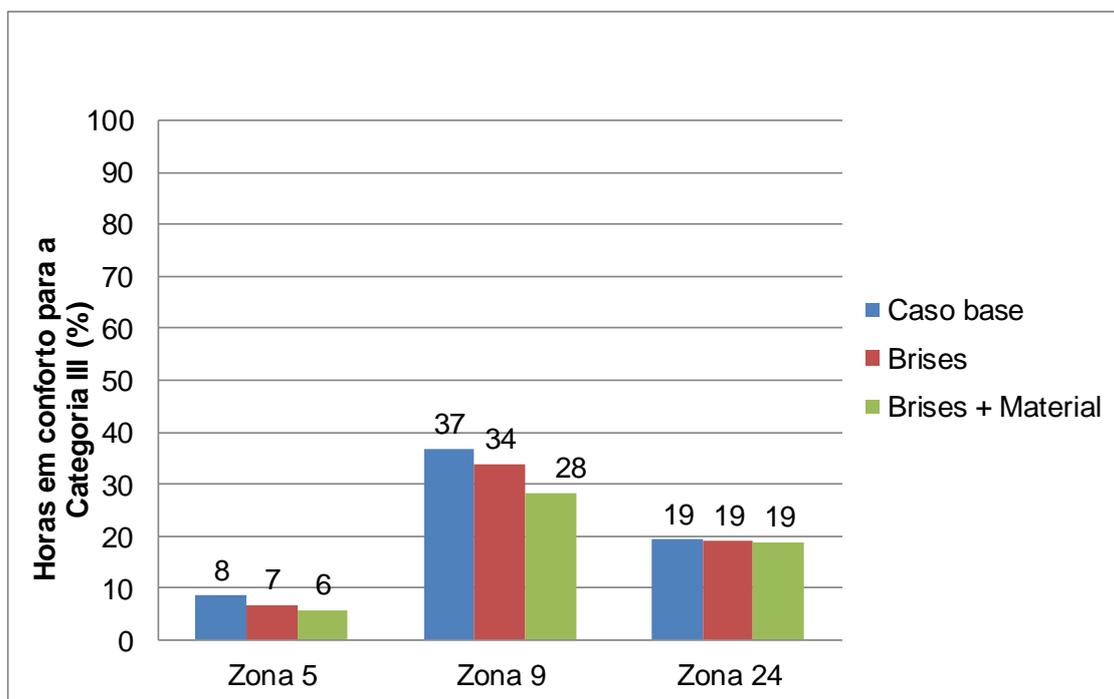


Figura 7 – Percentual de horas em conforto segundo a EN 15251 das zonas naturalmente condicionadas considerando a categoria III

A zona 24, localizada no primeiro pavimento e, portanto, em contato com a cobertura e com uma abertura zenital, apresenta desempenho intermediário em relação às zonas do pavimento térreo, em contato com o solo. A zona 9, uma copa, tem pequenas dimensões e geração de calor interno, o que aquece o ambiente e eleva seu percentual de horas em conforto térmico. Já a zona 5 não tem incidência solar significativa ou geração de calor interno e, portanto, o efeito de resfriamento do solo sobre o ar desta zona é responsável pelos baixos percentuais de horas em conforto.

4.3. Análise integrada do desempenho do edifício

Como exposto, os ambientes naturalmente ventilados não apresentam desempenho satisfatório com a implementação das medidas de conservação de energia. De fato, tais medidas pioraram o desempenho desses ambientes. No entanto, estes são ambientes de permanência transitória. A carga térmica dos ambientes artificialmente condicionados, que são ambientes de permanência prolongada, foi significativamente reduzida com a implementação de tais medidas. Portanto, adotou-se o uso do ambiente como critério para priorizar a adoção das medidas que farão parte das características do edifício. Assim, as medidas foram adotadas visando os efeitos nos ambientes de permanência prolongada, cujo foco é a economia de energia ao considerar que os sistemas artificiais atenderão, *a priori*, as necessidades de conforto térmico.

Os dispositivos de proteção solar inseridos no modelo base serão horizontais, modelo asa de avião para as fachadas norte e sul, e verticais, para as fachadas leste e oeste, acompanhando a dimensão das janelas com 0,5m de avanço e 0,5m de espaçamento. Essas proteções solares serão móveis com controle interno e instalados apenas no segundo pavimento, uma vez que o pavimento térreo é sombreado pelos avanços existentes no piso superior.

As janelas do térreo proporcionarão o controle de sua abertura, permitindo a entrada de luz direta quando necessário e no verão podem ficar sempre abertas, permitindo que, por meio da ventilação e das trocas convectivas os ambientes tenham suas temperaturas amenizadas.

5. CONCLUSÃO

Esse artigo teve como objetivo incorporar uma ferramenta de simulação ao processo de projeto de um edifício dentro do campus da UFV-Viçosa, MG. No início do processo projetual foram analisados os fatores ambientais e legais que o projeto do edifício IDATA deveria atender. A volumetria e a implantação do IDATA foram determinadas por meio de experiências prévias desenvolvidas em outros projetos e em conceitos de conforto ambiental.

Por se tratar de um projeto institucional, foi necessário respeitar restrições orçamentárias rígidas, o que reduziu a escolha de materiais devido a custos.

Os resultados obtidos a cada simulação foram registrados sob a forma de ata e facilitaram o acompanhamento do progresso do processo de projeto. A interação e integração entre a equipe, o compartilhamento e o acesso aos resultados gerados nas simulações é também um fator relevante para o sucesso do projeto.

Com base nos resultados foi possível perceber que as temperaturas operativas encontradas abaixo do limite inferior estabelecido pela norma EN 15.251 tiveram influência da laje do piso térreo em contato direto com o solo, já que o mesmo fenômeno não ocorreu com a mesma intensidade no segundo pavimento, que está exposto à carga térmica proveniente da cobertura. A partir dessas informações é possível prever um isolamento da laje do piso térreo a fim de mitigar essas trocas térmicas e evitar sensações de desconforto.

As necessidades de conforto dos ambientes naturalmente ventilados foram confrontados com a economia de energia dos ambientes artificialmente condicionados. Os ambientes naturalmente ventilados apresentaram baixos índices de conforto, mas eram todos ambientes de permanência transitória. Portanto, as intervenções no projeto do edifício, chamadas de medidas de conservação de energia, foram selecionadas em função dos ambientes de permanência prolongada, todos

artificialmente condicionados. A previsão das cargas térmicas para dimensionamento indicou a existência de muitas unidades de condicionadores de ar individuais, cujo impacto no projeto arquitetônico resultou na reserva de área da cobertura para abrigar todas as unidades externas e assim evitar impacto negativo da fachada.

Os resultados obtidos mostraram que é preciso haver compreensão dos conceitos de conforto ambiental e que as decisões iniciais de projeto são responsáveis por impactos significativos na composição final do edifício. Portanto, a presença de uma equipe de projeto qualificada e que domina ferramentas que auxiliem de forma efetiva as decisões de projeto é de extrema importância para a produção de edificações de alto desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS.

Standard 55-2003: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2003.

BERTEZINI, A. L.; MELHADO, S. B. Mecanismos de Avaliação do Processo de Projeto de Arquitetura: estudo de caso. In: IV Workshop brasileiro de gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2004. **Anais.** Rio de Janeiro, 2004. V.4 p. 1-8

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Programa Brasileiro de etiquetagem. **Eficiência energética – Condicionadores de ar Split Hi-wall**, 2011. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/split2.pdf>.> Acesso em: 25 jun 2011.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método e simulação. In: **Ambiente Construído**, abr./jun. v.10, n.2p. 27-40. Porto Alegre, 2010.

CRAWLEY, D. B. *et al.* Energyplus: new capabilities in a whole-building energy simulation program. Seventh International IBPSA Conference. **Proceedings...** Brazil: IBPSA 2001. p. 51-58

GRILLO, L. M.; MELHADO, S. B. Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios. In: III Workshop brasileiro de gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2003. **Anais** (CD-ROM). Belo Horizonte. 2003.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios.** Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001

MILLS, F. T; GLASS, J. The constructions design manager`s role in delivering sustainable buildings. In: **Architectural Engineering and Design Management.** v5. p.75-90. Reino Unido, 2009.V5.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **NEN- EN 15251-** Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Brussels. Comité Européen de Normalisation, 2007

POLLOCK, M. *et al.* Building simulation as an assisting tool in designing as energy efficient building: a case study. Eleventh International IBPSA Conference, **Proceedings...** Escócia: IBPSA 2009. p. 1191-1198.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. In: **Ambiente Construído**, jul./set v.3, n.3 p. 7-18, Porto Alegre 2003.

RAMOS, G.; GHISI, E. Avaliação do cálculo da iluminação natural realizada pelo programa EnergyPlus. In: **Ambiente Construído**, abr./jun. v.10, n.2 p. 159-169, Porto Alegre 2010.

RODERICK, Y. *et al.* Comparison of energy performance assessment between LEED, BREEAM and GREEN STAR. Eleventh International IBPSA Conference. **Proceedings...** Escócia: IBPSA 2009. P 1167-1176.

ENERGY PLUS. **Input/Output Reference**. The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output. University of Illinois and Ernest Orlando Lawrence Berkley National Laboratory, 2010

UTZINGER. D. M.; BRADLEY, D. E. Integrating energy simulation into the design process of high performance buildings: a case study of the Aldo Leopold Legacy Center. Eleventh International IBPSA Conference. **Proceedings...** Escócia: IBPSA 2009. p. 1214-1221.

VENÂNCIO. R.; PEDRINI, A. Modos projetuais de simulação térmica: conceitos, definições e aplicação. **Anais...** XI ENCAC e VII ELACA. Búzios 2011.