

Sistema construtivo De Madeira Laminada Colada (MLC): técnicas e desempenho termoenergético

Constructive Glue Laminated Wood (MLC): techniques and thermoenergetic performance

Sistema constructivo de Madera Laminada Impregnada (MLC): técnicas y rendimiento termoenergético

Recebido: 23/10/2019 | Revisado: 25/10/2019 | Aceito: 29/10/2019 | Publicado: 31/10/2019

Leticia Dias Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9505-2687>

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

E-mail: leticiadiasgomes@outlook.com

Julia Dias Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5664-7407>

Universidade Salvador, Brasil

E-mail: juliadiasgomes@hotmail.com

Ana Mirthes Hackenberg

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3751-8105>

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

E-mail: ana.hackenberg@udesc.br

Marcia Maria Couto Mello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2299-3117>

Universidade Salvador, Brasil

E-mail: marcia.mello@unifacs.br

Resumo

O objetivo do ensaio, através de uma pesquisa explicativa com caráter qualitativo-quantitativo, é a realização de testes com o programa computacional Autodesk Revit®, baseado na tecnologia *BIM*, com a utilização da ferramenta *Insight360* e *Green Building Studio* da Autodesk®, para, através de um modelo real, com as propriedades térmicas dos materiais, gerar a simulação termoenergética de uma edificação que usa a Madeira Laminada Colada (MLC) de *Pinus elliottii* como elemento estrutural de vigas e da cobertura, visto o material como um produto de alto potencial para elementos construtivos além da

sustentabilidade ao aplicá-lo. As análises de eficiência energética e comportamento do material foram realizadas, de modo que se constatou que os resultados obtidos em conjunto com os materiais utilizados em construção, em especial a MLC, são adequados para os parâmetros de conforto estabelecidos pelas normativas e tornando-a aliada aos preceitos de construção e arquitetura bioclimática.

Palavras-chave: Madeira Laminada Colada. Eficiência energética. *BIM*. Arquitetura bioclimática.

Abstract

The objective of the essay, through a qualitative and quantitative explanatory research, is to perform tests with the *Autodesk Revit*® computer program, based on *BIM* technology, using *Autodesk*® *Insight360* and *Green Building Studio* tool to of a real model, with the thermal properties of the materials, generate the thermo-energetic simulation of a building that uses *Pinus elliottii* Glued Laminated Wood (MLC) as a structural element of beams and roof, seeing the material as a high potential product for constructive elements beyond sustainability by applying it. The analyzes of energy efficiency and material behavior were performed so that it was found that the results obtained together with the materials used in construction, especially the MLC, are adequate for the comfort parameters established by the standards and making it allied to construction precepts and bioclimatic architecture.

Keywords: Glue Laminated Wood. Thermal Behavior. *BIM*. Bioclimatic architecture.

Resumen

El objetivo del ensayo, a través de una investigación explicativa cualitativa y cuantitativa, es realizar pruebas con el programa informático *Autodesk Revit*®, basado en la tecnología *BIM*, utilizando *Insight360* y *Green Building Studio* del *Autodesk*®, para de un modelo real, con las propiedades térmicas de los materiales, generan la simulación termoenergética de un edificio que utiliza Madera Laminada Impregnada (MLC) del género *Pinus elliottii* como elemento estructural de vigas y techo, viendo el material como un producto de alto potencial para elementos constructivos más allá de la sostenibilidad al aplicarlo. Los análisis de la eficiencia energética y el comportamiento del material se realizaron de manera que se descubrió que los resultados obtenidos junto con los materiales utilizados en la construcción, especialmente el MLC, son adecuados para los parámetros de confort establecidos por las normas y lo hacen aliado preceptos de construcción y arquitectura bioclimática.

Palabras clave: Madera Laminada Impregnada. Eficiencia energetica. *BIM*. Arquitectura bioclimática.

1. Introdução

Um dos requisitos mais importantes na construção civil atualmente é elencar materiais que garantam os melhores desempenhos, como resistência, custo benefício e conforto térmico, visto que vivemos um período em que a eficiência energética está cada vez mais em evidência. Neste contexto, a escolha de materiais alternativos para atingir melhores índices de conforto, com cunho sustentável, ganha espaço significativo, como o caso da madeira laminada. Segundo Wahrhaftig (2007), seguida do aço, a madeira possui maior consumo na construção, sendo um material adequado para todas as obras de engenharia, além de possuir fácil manuseio e mão de obra disponível em todo país. De acordo com Magalhães & Santos (2009), a introdução da Madeira Laminada Colada (MLC) teve início por volta do século XIX, porém seu potencial só foi atingido durante a segunda guerra mundial, onde introduziu-se adesivos mais duráveis para produção das vigas.

No que diz respeito à caracterização da MLC, trata-se de um produto estrutural composto por uma série de camadas de madeiras coladas paralelamente as fibras, que quando comparadas com a madeira maciça, não possuem limitações de tamanho, porém tem alta resistência. Atualmente, a maior parte da produção de MLC na indústria utiliza o material provido de áreas de reflorestamento, garantindo cumprimento às normas de proteção ao meio ambiente.

A matéria prima da madeira laminada utilizada para produção das vigas no objeto de estudo foi do gênero *Pinus elliottii*, originário de florestas plantadas, sendo o tipo mais utilizado para industrialização de compensados e laminados na região Sul do país (Bonduelle *et al.*, 2004).

Ademais, para que qualquer edificação atinja níveis satisfatórios de conforto térmico, de modo que os ambientes possuam habitabilidade, destaca-se a análise da temperatura interna e umidade relativa, que quando atingem valores significativos produzem sensação térmica agradável, caracterizando uma zona de conforto. Lamberts, Dutra & Pereira (2014) discorrem que o projeto eficiente, sob o ponto de vista energético, deve garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas da cidade: global, regional e local.

O projeto arquitetônico desenvolvido e estudado neste trabalho teve como premissa a produção de espaços diferenciados, que utilizem meios de construção sustentáveis, sendo o principal material a MLC, presente nas vigas e cobertura da edificação. Esta, por sua vez, foi modelada a partir de um *software* que utiliza a tecnologia *Building Information Modeling (BIM)*, e possibilitou, além do detalhamento construtivo e quantitativos, a análise

termoenergética da edificação. Segundo Lamberts *et al.* (2010) & Spannerberg (2006), a análise virtual é uma ferramenta importante para verificar os parâmetros de eficiência energética, de modo que, através da técnica construtiva utilizada, a edificação possa ser reproduzida como um diferencial na construção civil atual, além de atingir níveis satisfatórios de conforto térmico.

Segundo Queiróz (2015), para resultados satisfatórios necessita-se que o modelo projetado possua dados reais referentes às características construtivas, propriedades térmicas dos materiais e condições climáticas configuradas corretamente. Tradicionalmente, a maioria das simulações e análises energéticas são feitas apenas em fases finais de projeto, de modo que o foco recai sobre os sistemas de refrigeração ou de iluminação que suportarão as condições da volumetria, excluindo alternativas de design mais eficientes nas fases iniciais de projeto. Um dos principais fatores para isto é a dificuldade e complexidade da modelagem da edificação e de seus sistemas para realização de análises energéticas (Stumpf, Kim & Jenicek 2009, tradução nossa). Devido a isto, destaca-se a importância da realização da análise energética na edificação proposta, visto a complexidade do sistema construtivo com a MLC e a implicação do *BIM* nos processos de projeto, especialmente na realização da simulação termoenergética e seus respectivos ganhos nos aspectos de produtividade e qualidade de projeto.

Com isto, o objetivo deste estudo é, além da apresentação de uma técnica construtiva da cobertura com MLC em uma edificação, a análise de seu desempenho térmico, através da ferramenta *Insight360* e *Green Building Studio* da Autodesk®, simulada em conjunto com o *software Autodesk Revit*®. Os objetivos específicos são:

- a) Apresentar os detalhamentos arquitetônicos do projeto da cobertura em madeira laminada do objeto de estudo, de forma que se compreenda o funcionamento e execução de projeto;
- b) Analisar o desempenho térmico da edificação com os materiais empregados através de ferramenta de simulação computacional *Insight360* e *Green Building Studio* da Autodesk®, dentro do *software* de modelamento *Autodesk Revit*®;
- c) Comparar os resultados obtidos com os parâmetros de conforto estabelecidos por normativas vigentes e em bibliografias estudadas;

2. Metodologia

Para atender aos objetivos estabelecidos, a pesquisa tem caráter explicativo, cujo



Figura 2 – Funcionamento da cobertura após montagem em obra;

Fonte: As autoras, 2019

2.1. Modelagem computacional

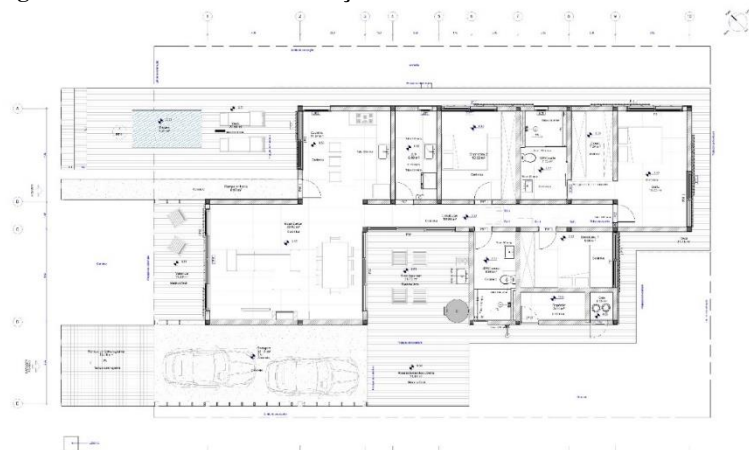
Obedecendo a todos os quesitos de detalhamento do projeto arquitetônico, a residência foi projetada e modelada a partir do *software Autodesk Revit*®, baseado na capacidade de tecnologia *BIM*, onde gerou-se as informações para os quantitativos e análises, dando maior precisão na construção.

2.2. Características da edificação

O objeto de estudo a ser analisado trata-se de uma edificação residencial com 292,75 m^2 , contando com ambientes internos como: área de estar e jantar integradas com a cozinha, área de serviço e banheiro social, um corredor que delimita acesso a dois dormitórios e uma suíte com closet e banheiro interligados. Ainda, na parte exterior possui espaço gourmet, garagem, deck e varanda, como observa-se na Figura 3, com relação à planta baixa da edificação em discussão.

Os principais materiais da envoltória foram elencados, onde destacou-se os blocos de concreto, alumínio, vidro, e madeiras do tipo laminada colada, Itaúba e Angelim, sendo estas duas últimas utilizadas apenas para a estrutura do deck na edificação, como indicados anteriormente e com auxílio da Figura 3. Além disso, dados como orientação solar, dimensões em volume e em cortes para representação das zonas térmicas da edificação foram gerados no *software*, a fim de criar o modelo digital para análise. Elementos internos tais como mobiliários, foram excluídos, pois não apresentam as características térmicas necessárias. A edificação possui pé-direito de 3,12 metros, e com demais informações, apresentadas na Tabela 1, como a área de cada ambiente e dimensão das aberturas, observou-se as principais características que contribuíram diretamente com o comportamento térmico da edificação.

Figura 3 – Planta baixa da edificação-



Fonte: As autoras, 2019

Tabela 1 – Cômodos da edificação e dados gerais.

CÔMODO	ÁREA (m ²)	PÉ-DIREITO (m)	ABERTURAS (Largura x Altura) (m)
Gourmet	21,63m ²	3,12m	3,40m x 2,80m 3,80m x 2,80m
Garagem	32,18m ²	3,12m	-
Deck	27,54m ²	3,12m	-
Cozinha	14,97m ²	3,12m	1,20m x 2,80m 2,50m x 2,80m
Estar/Jantar	33,05m ²	3,12m	4,40m x 2,80m
BWC Social	6,60m ²	3,12m	0,60m x 1,00m
Dormitório 1	9,66m ²	3,12m	2,40m x 2,80m
Dormitório 2	12,22m ²	3,12m	3,30m x 2,80m
Suíte	15,02m ²	3,12m	2,40m x 2,80m 2,40m x 2,80m
BWC Suíte	7,33m ²	3,12m	0,60m x 1,00m
Área de serviço	6,88m ²	3,12m	0,60m x 1,00m

Fonte: As autoras, 2019.

No que diz respeito aos dados indicados na Tabela 1, e na análise posterior de eficiência energética, um dos fatores determinantes para sensação de conforto em uma edificação, segundo Ribeiro (2008), é o movimento de ar que facilita as trocas de calor entre o indivíduo e o meio, e ainda fatores como a radiação dos elementos das vedações e umidade relativa, possibilitados principalmente pela dimensão e locação das aberturas. Quanto maior forem as aberturas de uma edificação, maior será a ventilação cruzada, que ocorre pela ação dos ventos e da pressão que estes exercem na edificação.

2.2.1. Localização e zona térmica da edificação

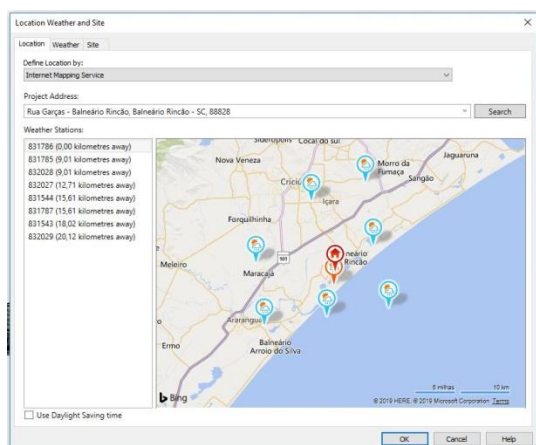
Para resultados da análise de eficiência energética do objeto de estudo escolhido, inseriu-se a localização geográfica no programa de modelamento, como observa-se na Figura 4, na cidade de Balneário Rincão, com as estações climáticas selecionadas. Elencou-se, ainda, a Zona Bioclimática de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que estabelece ainda

algumas estratégias de projeto para o clima local. Na Zona Bioclimática 2, onde insere-se a residência, recomenda-se que as vedações externas sejam leves para paredes e coberturas, que, quando comparadas com o projeto, atendam a estas especificações, pois as paredes são constituídas de blocos de concreto e a cobertura em madeira laminada colada.

2.3. Definição das propriedades térmicas dos materiais da envoltória

Através do modelamento da residência no programa, foram configuradas as principais propriedades térmicas dos materiais da envoltória, obtidas através da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Segundo Queiróz (2015), esta prática está relacionada com as propriedades paramétricas disponibilizadas pela tecnologia BIM, possibilitando a mudança de valores de materiais de modo que se obtenha resultados mais realistas.

Figura 4 – Localização da edificação no programa de modelamento em vermelho, a estação climática adotada em laranja e em azul as estações climáticas disponíveis próximas.



Fonte: As autoras, 2019

Dentre os valores citados, destacam-se as propriedades térmicas dos materiais, compostas pela espessura, calor específico, densidade, condutividade e transmitância térmica, estas últimas apresentadas na Tabela 2. Ressalta-se que os valores de transmitância térmica, ou valor U, foi calculado através do programa, e que deve ser comparado com os valores especificados de acordo com a Zona Bioclimática 2.

Tabela 2 – Característica térmica dos materiais empregados na edificação.

MATERIAL	CONDUTIVIDADE TÉRMICA W/(m.K)	DENSIDADE Kg/m ³	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA W/(m ² .K)
Bloco de concreto	1,75	2400	2,35
Madeira tipo Angelim	0,17	800	0,31
Madeira tipo Itaúba	0,17	960	0,25
Madeira Laminada Colada	0,17	700	0,22
Alumínio	204	2800	2,39
Vidro	0,8	2500	3,16

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2005), adaptado pelas autoras.

2.4. Simulação térmica

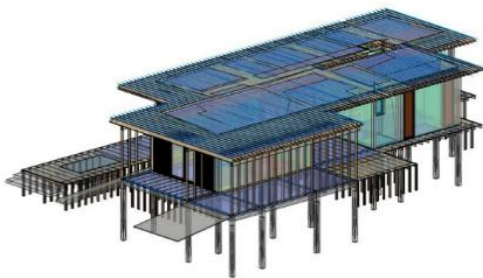
De acordo com Lamberts, Dutra & Pereira (2014), a simulação térmica é uma ferramenta de apoio as decisões do projetista, sendo que quanto mais prematuramente for realizada, mais impactantes serão as mudanças e melhores resultados serão obtidos.

No caso do estudo proposto, foram utilizados dentro do programa *Autodesk Revit*® algumas ferramentas integradas para análise da eficiência energética do modelo, como o *Insight360* e o *Green Building Studio*, ambos da *Autodesk*®. Os programas executaram a simulação através de um arquivo enviado à nuvem (ferramenta do programa para realização de tarefas), e os resultados foram obtidos através de um link para o acesso. Ainda, além das bases de análise, definiu-se as configurações básicas de energia, como a localização da edificação, nível do terreno no projeto e tipo de construção.

2.4.1. Modelo analítico de energia

Ao serem inseridas todas as informações necessárias para simulação computacional de eficiência energética, o programa gerou automaticamente um modelo de energia, como observado na Figura 5. Queiróz (2015) conceitua a composição desta geometria detectada por uma casca fechada com piso, parede, cobertura e localização geográfica definida.

Figura 5 – Modelo de energia da edificação gerado pelo programa para análise de eficiência energética.



Fonte: As autoras, 2019.

3. DADOS E DISCUSSÃO DA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO MODELO

Através da Tabela 3, obteve-se, com auxílio da plataforma, dados referentes a média da umidade relativa de cada ambiente da edificação estudada. Os valores apresentados são diretamente ligados com a temperatura de resfriamento da edificação, que é de 20°C e com a temperatura de aquecimento, sendo 25,5°C. De acordo com a porcentagem de distribuição da

umidade relativa por ano na residência obtida, indica que os resultados vão de encontro com o valor médio de umidade relativa segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), que varia entre 40% e 70% para serem considerados ideais para o organismo humano.

Quando os valores de umidade relativa atingem médias mais baixas que a estabelecida, há probabilidade significativa dos usuários desencadearem problemas de saúde, afetando diretamente na qualidade de vida e conseqüentemente nos parâmetros de conforto térmico da edificação. Além disso, quando estes valores não são adequados, há necessidade da instalação de sistemas climatizadores, gerando aumento do consumo de energia, considerando que os mesmos podem ter variações significativas ao longo do dia, sendo a umidade mais alta no período da manhã.

Tabela 3 – Cômodos da edificação, área, volume e umidade relativa.

CÔMODO	UMIDADE RELATIVA (%)
Área gourmet	48,91
Garagem	48,56
Deck	49,66
Cozinha	49,80
Estar/jantar	51,22
Bwc social	50,31
Dormitório 1	51,82
Dormitório 2	49,48
Suíte	49,54
Bwc suíte	50,01
Área de serviço	52,45

Fonte: As autoras, 2019.

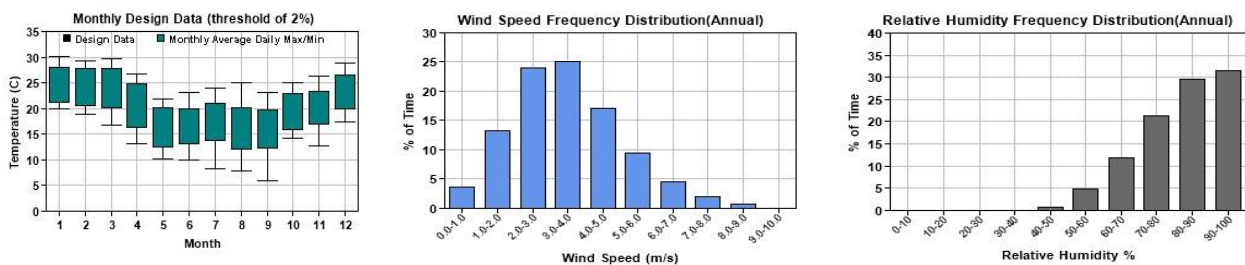
No que diz respeito as médias mensais de temperatura, de acordo com os gráficos apresentados na Figura 6, primeiramente tem-se o gráfico da média mensal do bulbo seco¹. Observa-se que a temperatura da edificação permanece com a máxima de 27°C nos meses de verão, enquanto nos meses restantes varia de 25°C a 12,5°C, gerando uma mediana, ao longo do ano, próxima aos 19°C. Ainda, alguns fatores climáticos auxiliam nesta variação de temperatura, como a distribuição dos ventos, sendo mais intensa durante o inverno e a umidade relativa maior nos meses de verão. Comparando os dados obtidos, com os estabelecidos pela Agência de Vigilância Sanitária (2003), onde temperatura ideal em ambientes fechados é entre 23°C e 26°C, os valores são inferiores aos indicados. Entretanto,

¹Temperatura do Bulbo Seco (TBS): é a temperatura do ar "à sombra", medida na escala Celsius (°C) e através de termômetro protegido contra radiações térmicas. (RORIZ, 2008, p.33)

quando comparado com a classificação climática de Köppen & Geiger (1928, tradução nossa), que define a temperatura média para o Balneário Rincão de 19,5°C, pode-se afirmar que a edificação encontra-se com temperaturas dentro de sua zona climática, e indica-se que, ao longo do ano, promova condições satisfatórias de conforto térmico, implicando em um baixo consumo de aparelhos climatizadores.

Ainda, a frequência de distribuição dos ventos está diretamente ligada às ações de projeto que são indicadas para a Zona Bioclimática 2, de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) cujo indica a estratégia de ventilação cruzada, favorecendo com que a temperatura interna da edificação fique confortável aos usuários.

Figura 6 –Dados climáticos da edificação quanto a média mensal do bulbo seco, distribuição dos ventos e umidade relativas.



Fonte: As autoras, 2019.

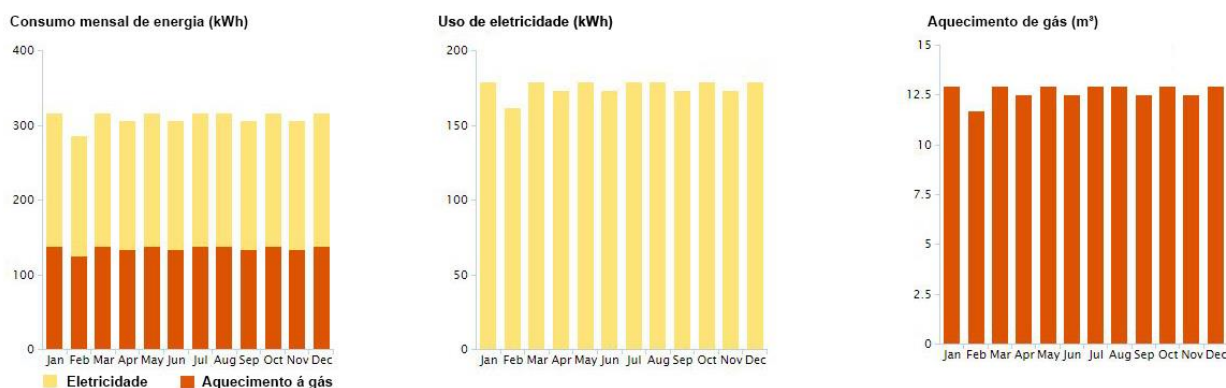
Além disso, é importante destacar que os resultados são produtos dos materiais empregados na construção, em especial o papel da Madeira Laminada Colada como cobertura, elemento que na edificação recebe a influência direta dos raios solares. Os valores relativos de umidade da MLC variam em torno de 12% (Wahrhaftig, Brasil & Ventura, 2007), o que corresponde a uma umidade de equilíbrio de 20°C e 65% de umidade relativa, proporcionando que seu comportamento de contração e inchamento se reduza ao mínimo. Esses valores resultam em uma estabilidade dimensional e uma variação insignificante do teor de umidade do material, representando, ainda, que o emprego da mesma na edificação atende a parâmetros mecânicos quando comparadas com a madeira maciça (Magalhães & Santos, 2009).

São apresentados na Figura 7, o consumo mensal de energia, eletricidade e de aquecimento de gás conforme análises obtidas. Podemos notar que o consumo de eletricidade aumenta no período de verão por conta do resfriamento exigido pela edificação, enquanto que o consumo de gás aumenta no inverno para suprir a demanda de aquecimento. Deste modo o consumo mensal de energia tende a ser equilibrado durante o ano.

Estima-se, com os dados obtidos, que a edificação consuma em torno de 2106 kWh por ano de eletricidade, fazendo com que a média mensal fique em torno de 175,5 kWh. Segundo Fedrigo, Gonçalves & Lucas (2009), a região Sul apresenta o maior consumo residencial entre as regiões geográficas do Brasil, com valores de 273,1 kWh/mês no período do verão, e 261,3 kWh/mês no inverno.

Uma das justificativas para o consumo elevado na região Sul é também pelas maiores rendas familiares. Ainda, de acordo com os autores, o consumo médio de energia elétrica por residência nas Zonas Bioclimáticas brasileiras, no verão e no inverno, em especial na Zona Bioclimática 2 é de 178,22 kWh/mês no verão e 187,52 kWh/mês no inverno.

Figura 7 – Gráficos de consumo mensal de energia, uso de eletricidade e aquecimento de gás na edificação.



Fonte: As autoras, 2019.

Para Lamberts (1989) um dos fatores que mais contribui para reduzir a transmitância térmica da radiação solar transmitida para o interior da edificação é através da cobertura. O desempenho da cobertura depende do clima e material utilizado, além disso, o fluxo de calor é determinado pela espessura do material e a condutividade térmica. Portanto, as médias do consumo de energia com o uso da MLC na cobertura da edificação apresentam consumo de energia dentro da média da Zona Bioclimática 2, e abaixo da média da região Sul do país.

Assim, observa-se a importância de materiais de construção específicos (MLC) no conjunto da energia embutida e energia total consumida, associada ao menor impacto ambiental quando aplicados nas edificações. Em suma, o comportamento dos gráficos apresentados apresenta normalidade dos dados, visto que o consumo de energia no Brasil cresce nos meses mais quentes devido ao maior uso de aparelhos tal qual o ar condicionado e ventiladores para amenizar o calor, bem como o consumo de energia no ciclo de vida das edificações residenciais brasileiras é menor do que em países como Austrália e Suécia, em função do consumo operacional (Tavares, 2006).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo de MLC pode ser considerado como um novo conceito para a construção civil, pois possibilita a utilização de diversas maneiras, como elemento de laje ou de parede, além de ser uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. Segundo Nogueira (2017), a Madeira Laminada Colada no mercado civil tem experimentado conquistas importantes, devido ao seu caráter versátil e desempenho com elevada resistência mecânica, apesar do seu baixo peso próprio. Entretanto, por se tratar de um produto recente, ainda pouco difundido na construção civil, é primordial a realização de estudos enquanto ao desempenho termo energético em sua aplicação, a fim de usar de forma adequada esse elemento estrutural. As análises são necessárias para auxiliar no desenvolvimento de abordagens analíticas que consigam discorrer com precisão o comportamento da MLC.

No que diz respeito as análises realizadas, para que se garanta a eficiência energética no projeto da edificação desenvolvida na plataforma *BIM*, depende-se especialmente da interoperabilidade entre os *softwares* de modelamento e os simuladores ambientais, conforme cita Martins (2011). Para isso, os programas utilizados destacaram-se como ferramentas de análise de eficiência energética satisfatórias, pois através dos dados fornecidos para a realização, avaliou-se a necessidade de alternativas de projeto, quando necessárias, de modo que se reduza o consumo de energia elétrica na edificação, e atenda aos parâmetros estabelecidos pelas normativas. Além disso, destaca-se também um avanço ao se realizar a simulação na nuvem, contribuindo para maior rapidez da análise.

Destes dados, os resultados apresentados, em relação a MLC na cobertura da edificação e das estratégias de projetos utilizadas, como grandes aberturas e ventilação cruzada, atenderam aos parâmetros de conforto especificados pela NBR 15220 (ABNT, 2005). Concluiu-se com os dados obtidos que a edificação possui todas as estratégias de construção necessárias para um consumo reduzido de energia, de modo que se tenha maior aproveitamento dos recursos naturais, enfatizando, ainda, a questão da sustentabilidade na construção civil.

Ainda que sejam relevantes os dados acerca do consumo de energia em residências, a eletricidade não é o principal insumo energético no ciclo de vida das edificações. Na questão de sustentabilidade, é necessário considerar o uso de energia para fabricação dos materiais de construção, do transporte e das parcelas de desperdícios na obra. Assim, a matéria prima da MLC, provinda das florestas manejadas, funciona sob os princípios sustentáveis, pois o

material bruto está sempre disponível e crescendo de forma constante. Por isso, a MLC utilizada para a construção da edificação em estudo, torna-se relevante, sendo a cobertura o principal elemento de transmitância de calor para o interior da edificação.

Por fim, o consumo de energia no setor residencial é relevante não só em termos de eletricidade. Embora tendo um crescimento significativo nos últimos anos a eletricidade não é o principal insumo energético no ciclo de vida das edificações residenciais, nem mesmo na fase operacional. Sob o viés da sustentabilidade, deve-se sempre buscar novas estratégias e tecnologia para um mercado construtivo de qualidade em materiais e conforto térmico.

Enquanto sugestão de trabalhos futuros, os autores indicam a continuidade da pesquisa, analisando outras edificações que utilizam a MLC em seus respectivos elementos estruturais, com intuito da comparação do comportamento térmico da mesma em variados sistemas construtivos. Ainda, em relação a metodologia apresentada, sua utilização para realização de variadas análises de conforto térmico e eficiência energética, visto que ainda é pouco utilizada para realização de pesquisas similares.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005a). NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005b). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (2003). Resolução n. 9: Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Rio de Janeiro, 2003

Bonduelle, G. M., Iwakiri, S., Chies, D., & Martins, D. (2006). Fatores que influenciam no rendimento em laminação de Pinus spp. Floresta e Ambiente, 12(2), 35-41.

Fedriço, N. S., Ghisi, E., & Lamberts, R. (2009). Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 367-376.

Freire, M. R., & Amorim, A. L. D. (2011). A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC 2011), Salvador.

Godoy, A. S. (1995). Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. Revista de Administração de empresas, 35(3), 20-29.

Koppen, W. & Geiger, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

Lamberts, R., Guisi, E., Pereira, C., & Batista, J. (2010). Casa eficiente: simulação computacional do desempenho termo-energético. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 4.

Lamberts, R. (1989). Desempenho Térmico de Materiais e Componentes de Edificação. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 2., 1989. Anais [...] Florianópolis: UFSC.

Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. R. (1997). Eficiência energética na arquitetura (pp. 28-50). São Paulo: PW Editores.

Martins, P. C. F. (2011). A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso.

De Magalhães, L. N., & dos Santos, P. R. D. L. (2009). A madeira laminada colada como material estrutural de uma construção sustentável. construindo, 1(01).

Nogueira, R. D. S. Proposta de um método de ensaio para o controle de qualidade na produção de elementos estruturais de MLC e LVL (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Queiróz, G. R. D. (2016). Análise da interoperabilidade entre os programas computacionais autodesk revit e energyplus para a simulação térmica de edificações.

Pereira, A.S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM.

Ribeiro, L. P. (2008). Conforto térmico e a prática do projeto de edificações: recomendações para Ribeirão Preto (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Roriz, M. (2008). Conforto e desempenho térmico de edificações. São Carlos.

Spannenberg, M. G. (2006). Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habilitação de interesse social: estudos de caso em Marau-RS.

Stumpf, A., Kim, H., & Jenicek, E. (2009). Early design energy analysis using bims (building information models). In Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future (pp. 426-436).

Tavares, S. F. (2006). Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras.

Wahrhaftig, A., Brasil, R. & Ventura, A. (2007). Estrutura de madeira laminada colada. Técnica, [S. I.], 120:1-8.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Leticia Dias Gomes – 40%

Julia Dias Gomes – 40%

Ana Mirthes Hackenberg – 10%

Marcia Maria Couto Mello – 10%