

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

EDUARDO ZIGLIOLI

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE TELHADOS VERDES NA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES A
PARTIR DO MÉTODO GRAUS-DIA NO MUNICÍPIO DE FOZ DO
IGUAÇU/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

EDUARDO ZIGLIOLI

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE TELHADOS VERDES NA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES A
PARTIR DO MÉTODO GRAUS-DIA NO MUNICÍPIO DE FOZ DO
IGUAÇU/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ms. Carine Cristiane
Machado Urbim Pasa

**MEDIANEIRA
2017**

RESUMO

ZIGLIOLI, Eduardo. INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE TELHADOS VERDES NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES A PARTIR DO MÉTODO GRAUS-DIA NO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU/PR. Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em Engenharia Ambiental, 50 f. – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017

Com o desenvolvimento de uma arquitetura voltada à estética e não à sustentabilidade, se levou em consideração a amplitude das variações térmicas dos municípios do oeste paranaense, o presente trabalho tem como objetivo propor um novo modelo de estruturação questionou seu ganho energético com a utilização do telhado verde extensivo. Para este modelo, procura-se estudar residências unifamiliares as quais são representadas por residências simples de um tamanho máximo de 70 m², onde as famílias que residirem, poderão ter ganhos em eficiência térmica com a cobertura proposta, e assim levar ao seu sucesso na redução de gasto energético, fornecendo conforto climático. A metodologia utilizada para o cálculo da eficiência energética é graus-dia, que por simulações matemáticas calcula a energia requerida para estabelecimento de conforto térmico, para qual, se pode analisar a eficiência dos telhados verdes e comparar com os telhados convencionais, que considera toda a estruturação das residências como um sistema fechado, podendo calcular o calor necessário para obtenção de conforto térmico em cada situação. Para maior efetividade de cálculos foram utilizados dados de temperaturas diários num intervalo de tempo de cinco anos do município de Foz do Iguaçu. O telhado verde analisado é do tipo extensivo, pois, este requer menor custo de implantação, manutenção simples e irrigação não necessária após o desenvolvimento da espécie, menor estruturação das residências, porém, uma eficácia menor quanto ao controle térmico do micro clima quando comparado com a forma intensiva e semi extensiva, a espécie analisada é a grama esmeralda (*Zoysia japônica Steud*). Para comparação de estudo foram estudados 4 modelos de residências, onde cada um deles contava com tipos variados de materiais. Os resultados foram satisfatórios, o telhado verde se mostrou muito eficiente, diminuindo o consumo energético entre 20 a 60% de energia requerida para conforto, entre os modelos propostos o número 03 se adequou melhor a cobertura. Os resultados permitiram concluir que a vegetação extensiva é positiva para o conforto nas residências, por tanto os telhados verdes são uma nova alternativa para o controle do consumo energético a partir de equipamentos de conforto climático.

Palavra Chave: Construção sustentável. Telhados - Projetos e construção. Planejamento urbano - Fatores climáticos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

ZIGLIOLI, Eduardo. INFLUENCE OF GREEN ROOFS FOR USE IN SINGLE FAMILY RESIDENTIAL ENERGY EFFICIENCY USING METHODS DEGREES-DAY, IN THE MUNICIPALITY OF FOZ DO IGUAÇU/PR. Job Completion bachelor's degree in Environmental Engineering - Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2017

With the development of an architecture focused on aesthetics and not sustainability, taking into account the amplitude of the thermal variations of the municipalities of the west of Paraná, the present work aims to propose a new structuring model, questioning its energy gain with the use of the extensive green roof. For this model, it is sought to study single-family residences which are represented by single dwellings with a maximum size of 70 m², where families that reside may have gains in thermal efficiency with the proposed coverage, thus leading to their success in reducing of energy expenditure, generating climatic comfort. The methodology used for calculation of energy efficiency is day degrees, which by mathematical simulations calculates the energy required to establish thermal comfort, for which one can analyze the efficiency of green roofs and compare with conventional roofs, considering all the structure of the Residences as a closed system, thus calculating the heat needed to obtain thermal comfort in each situation. For the most effective calculations, daily temperature data were used in a five-year interval of the municipality of Foz do Iguaçu. The green roof analyzed is of the extensive type, since this requires a lower implantation cost, simple maintenance and irrigation not necessary after the development of the species, smaller structuring of the residences, but a smaller efficiency as regards the thermal control of the micro climate when compared with the form Intensive and semi-extensive, the species analyzed was the emerald grass (*Zoysia japonica* Steud). For study comparison, four models of residences were studied, each one of which had different types of materials. The results were satisfactory, the green roof was very efficient, reducing the energy expenditure between 20 to 60% of energy required for comfort, among the proposed models the number 03 was better adapted to the coverage. The results allowed to conclude that the extensive vegetation is positive for the comfort in the residences, therefore the green roofs are a new alternative for the control of the energy consumption from equipment of climatic comfort.

Keyword: Sustainable construction. Roofs - Projects and construction. Urban planning - Climate factors. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Comparação entre o Produto Interno Bruto e consumo energético por edificações no Brasil.....	5
Figura 2– Corte esquemático simples da estrutura de um telhado verde.....	10
Figura 3: Representação de telhados verdes extensivos.....	11
Figura 4: Representação de telhado verde semi-extensivo.....	12
Figura 5: Representação de telhados verdes intensivos.....	13
Figura 6: Dados de temperaturas com telhado verde e com telhado sem cobertura verde.....	14
Figura 7: Telhado verde sobre laje detalhado.....	17
Figura 8: Telhados verdes sobre telhado.....	18
Figura 9: Quantidade de energia requerida para aquecimento (KWh/ano).....	19
Figura 10: Gráfico do somatório mensal dos graus-dia de aquecimento para Curitiba.....	20
Figura 11: Gráfico do somatório mensal dos graus-dia de resfriamento para Curitiba.....	20
Figura 12: Resultados do estudo dos telhados verdes nos Estados Unidos, utilizando Graus-dia.....	21
Figura 13: Localização de Foz do Iguaçu no estado do Paraná.....	23
Figura 14: grama esmeralda (Zoysia japônica Steud).....	24
Quadro 1: Características das residências de estudo.....	27
Quadro 2: Disposição dos resultados de graus-dia.....	30
Figura 15: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25$ °C.....	31
Figura 16: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24$ °C.....	31
Figura 17: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23$ °C.....	32
Figura 18: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22$ °C.....	33
Figura 19: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21$ °C.....	33
Figura 20: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20$ °C.....	34
Figura 21: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25$ °C.....	35
Figura 22: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24$ °C.....	35
Figura 23: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23$ °C.....	36
Figura 24: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22$ °C.....	37
Figura 25: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21$ °C.....	37
Figura 26: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20$ °C.....	38

Figura 27: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25$ $^{\circ}\text{C}$	39
Figura 28: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24$ $^{\circ}\text{C}$	39
Figura 29: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23$ $^{\circ}\text{C}$	40
Figura 30: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22$ $^{\circ}\text{C}$	41
Figura 31: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21$ $^{\circ}\text{C}$	41
Figura32: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20$ $^{\circ}\text{C}$	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo energético anual por regiões.....	7
Tabela 2- Coeficiente Global de Transferência de Calor para telhados verdes por tipo de isolamento nas edificações.....	15
Tabela 3 - Características Construtivas do estudo.....	28
Tabela 4 - Coeficiente global de Transferência de Calor, das residências propostas para estudo.....	28
Tabela 5: Dados de CDD e HDD para as faixas de estudo de temperatura.....	29
Tabela 6: Valores do coeficiente global de perda de calor (L).....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.2 OBJETIVO	3
2 REFERENCIALBIBLIOGRÁFICO.....	4
2.1. CONSUMO ENERGÉTICO.....	4
2.2INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NO CONFORTO TÉRMICO.....	7
2.3. TELHADOS VERDES.....	10
2.4. ESTRUTURAÇÃO DOS TELHADOS VERDES.....	15
2.5 MÉTODO GRAUS-DIA	18
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	22
3.2 TELHADO E CONSTRUÇÃO.....	23
3.3 MÉTODO GRAUS-DIA.....	24
4 RESULTADOS.....	30
4.1 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES SEM ISOLAMENTO.....	30
4.2 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES COM ISOLAMENTO MODERADO.....	34
4.3 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES FORTEMENTE ISOLADAS.....	38
5. CONCLUSÃO.....	43

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das grandes cidades influenciou no conforto climático e ambiental das mesmas, onde a cobertura verde foi trocada por estradas e grande arranha céus. A falta de ventilação natural ocasionou uma série de desconforto térmico, e as ilhas de calor aumentaram as temperaturas significativamente. Como a arquitetura não auxiliou no favorecimento do conforto térmico durante a história, teve-se de procurar este conforto a partir de outras fontes naturais (SILVA; GONZALEZ; SILVA JUNIOR, 2011).

As pessoas se encontram em ambientes fechados quase 90% do tempo, onde nestas situações há necessidade de troca de oxigênio e conforto climático para favorecimento da saúde e da qualidade de vida de quem frequenta o ambiente, cerca de 33% dos gastos energéticos em residências ou edifícios de serviços provem do conforto climático e ventilação dos mesmos. Há casos extremos que este valor pode dobrar (FERREIRA, 2006).

Para garantir um arrefecimento em ambientes fechados, a ventilação natural surge como uma estratégia para a solução destes problemas. A utilização desta estratégia implica em diminuir o consumo por ar condicionado, e auxiliar na saúde humana (MATTOS, 2007).

A ventilação natural é uma serie de forças motrizes, onde causa um efeito chaminé dentro da edificação, isto ocorre por causa da diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo da construção e pela diferença de pressão que ocorre através da força do vento. A ventilação adequada influencia na qualidade do ar ambiente, pois, os poluentes que se encontram na parte interna são transportados para o exterior, beneficiando a qualidade de vida (MAZON; SILVA; SOUZA, 2006).

A utilização de ventilação natural serve como benefício para as edificações, sendo um controlador da temperatura ambiente, pois diminui as temperaturas, auxiliando na eficiência energética e mantendo a qualidade interna do ar renovada (FIGUEIREDO, 2007).

É possível estabelecer conforto térmico com a ventilação natural, pois, a velocidade do ar influencia no resfriamento do ambiente. A cobertura vegetal pode auxiliar na ventilação natural, promovendo ambientes mais confortáveis.

O conforto térmico nada mais é que as condições de trocas entre o ambiente e o ser humano, onde o corpo humano deve estar em equilíbrio com a temperatura da natureza, sendo assim a ventilação natural uma ótima ferramenta para este equilíbrio (AMARAL, 2008).

Romero (1998) apud Maciel et al., (2006), calcula que a economia pode chegar a 12,1% de energia, em medidas de conforto térmico adotadas nos projetos de edifícios, baseados em simulações.

As residências antigas possuem uma preocupação com o clima e o conforto, pois se analisar as esquadrias se percebe que são altas, largas e permitem uma facilitação na iluminação e na ventilação natural do ambiente, o piso normalmente é elevado de 1 a 2 metros, para a formação de porões que são responsáveis por arejar o piso superior, as telhas são de difícil absorção térmica onde implica na diminuição da temperatura da superfície, e outros aspectos podem ser observados que influenciam na climatização do local (LOUREIRO, 2003).

As residências recentes valorizam a estética em primeiro lugar, muitas vezes desconsiderando as condições que o edifício estabelece em sua parte interna e externa. O vidro é utilizado em virtude de sua beleza, as esquadrias antes altas e largas, agora passaram a possuir dimensões pequenas, as paredes grossas foram substituídas e passam a ter em média 15 cm, facilitando a troca térmica do ambiente interno e externo. As ruas e vegetação também sofreram alterações, agora as ruas são de asfaltos e a vegetação que ali existia foi arrancada para dar lugar a grandes edificações de vidro, que influencia fortemente no clima urbano e implica na necessidade de utilizar equipamento para o conforto do ambiente (LOUREIRO, 2003).

No ano de 2004 ocorreu a criação do selo Procel, para certificar que as edificações invistam em eficiência energética, como uma forma de incentivar o mercado a desenvolver imóveis auto-sustentáveis, tentando promover uma redução do consumo de energia elétrica no país. Já no ano de 2007, foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), que tem por objetivos trazer para a construção civil, algumas práticas sustentáveis para favorecer a qualidade de vida de todos os envolvidos (SINDUSCON, 2008 apud VALENTE, 2009).

Uma forma de auxiliar e conscientizar sobre o conforto térmico no meio ambiente de áreas urbanas é os telhados verdes, os quais estão sendo empregados em várias partes do planeta. Estas coberturas auxiliam na estabilidade do clima, no

controle do escoamento superficial de chuvas, responsável por minimizar a probabilidade de enchentes, e ainda podendo captar a água e utilizá-la para limpeza das próprias residências, diminuindo o consumo de água.

Os telhados verdes podem influenciar drasticamente no arejamento das residências e em suas ventilações naturais, promovendo assim uma diminuição na utilização de aparelhos de ar condicionado.

1.1 Objetivo Geral

Verificar utilização de telhados verdes na quantidade de energia requerida para a manutenção do conforto térmico em residências unifamiliares a partir do método Graus-Dia.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar o tipo de material verde para os telhados das residências;
- Pesquisar os dados de temperaturas máximos e mínimos do município de Foz do Iguaçu para o cálculo do número de graus-dia de aquecimento e resfriamento;
- Calcular o coeficiente global de perda de calor para a edificação analisada;
- Calcular o desempenho energético das edificações comparando os telhados convencionais com a cobertura verde proposta.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CONSUMO ENERGÉTICO

Uma das principais forças motrizes no desenvolvimento econômico de um país é a energia, assim sendo, uma chave fundamental para a criação de produtos e desenvolvimento de serviços os quais estão vinculados com o bem estar da população, sem contar os infinitos benefícios que a energia pode proporcionar (PEREIRA et al., 2007).

O consumo de energia em residências está diretamente ligada no uso de iluminação artificial, equipamentos eletrodomésticos e condicionantes de ar, e em equipamentos de conforto térmico (CARLO, 2008).

Os materiais desenvolvidos para auxiliar no conforto térmico servem como uma forma de compensar o gasto de iluminação publica e equipamentos eletrodomésticos. Alguns ajustes como coloração, material utilizado, coberturas, vidro, facilidade de ventilação, influenciam fortemente neste tipo de conforto (CARLO, 2008).

A metrópole de Bangkok é a maior cidade da Tailândia, sendo responsável por consumir 30% da energia do país (dados de 2006), teve um crescimento de 270% no consumo em apenas 20 anos. Neste período, o consumo das residências cresceu 364%, tendo dois fatores cruciais para este crescimento, o sazonal e o econômico. O sazonal teve grande influência devido ao clima, principalmente nas áreas urbanas, onde a necessidade de conforto térmico colaborou para o crescimento desenfreado do consumo energético, sendo que, as temperaturas máximas médias em Bangkok nos últimos 20 anos cresceram de 32,5°C, para 34°C, o econômico obviamente pelo próprio crescimento da economia que facilitou o cidadão a obter aparelhos de conforto térmico (WANGPATTARAPONG et al., 2008).

Taiwan também é um exemplo de crescimento energético demasiado, devido ao seu crescimento populacional, teve em seus últimos 40 anos (1955-1995), um crescimento energético que passou de 257 para 26.144 GWh, lembrando que uma vasta porcentagem deste valor é proveniente do gasto com conforto térmico. A proporção de população que trocou o campo para as regiões urbanas foi

avassalador neste período, tendo um crescimento nas cidades de 150%, cerca de 60% da população atual vive em cidades com mais de 100 mil habitantes (HOLTEDAHL; JOUTZ, 2004).

A Suíça é um pequeno país da região alpina da Europa, com uma população média de 7 milhões e trezentos mil habitantes (2003) e um novo exemplo de crescimento de demanda energética, pois, sofre uma série de problemas climáticos, principalmente pelo aumento de temperatura. A média global de temperatura cresceu um valor próximo de 0,6 °C no século vinte, porém, na suíça oriental e central este valor ficou em torno de 1,3 °C, no sul do país teve um aumento de 1,0 °C e no oeste 1,6 °C, estes valores têm forte influência sobre o consumo energético, pois, a procura por locais climatizados e equipamentos para climatização aumenta a cada dia (CHRISTENSON; MANZ; GYALISTRAS, 2006).

A energia elétrica consumida no Brasil em 2002, por edificações, correspondeu um valor médio de 46% do consumo total do país. A Figura 1 correlaciona este valor de consumo energético e seu crescimento com o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, no período de 1987 e 2002. A Figura 1 mostra que o PIB e o consumo energético vêm crescendo juntos, concluindo que o desenvolvimento em eficiência energética no país não obteve avanços significativos (MENDES et al., 2005).

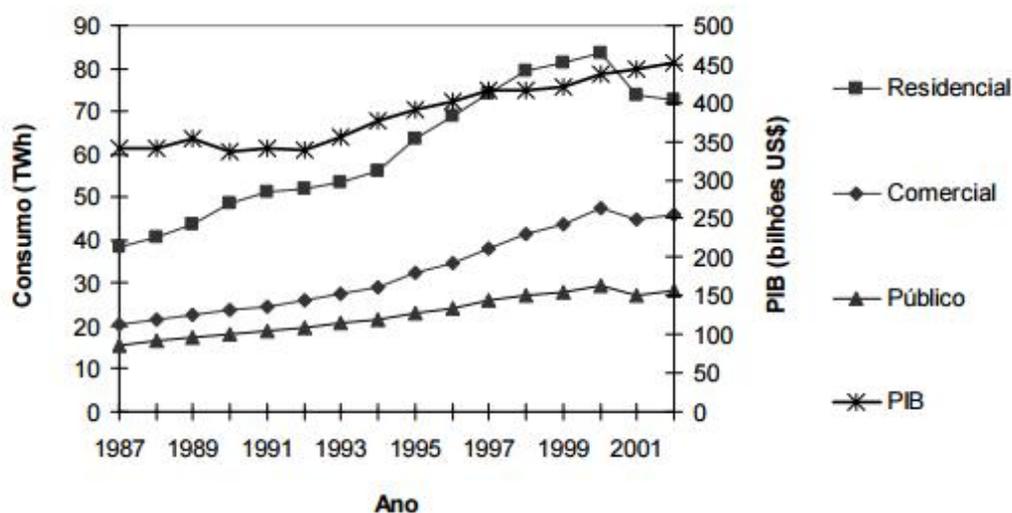


Figura 1: Comparação entre o Produto Interno Bruto e consumo energético por edificações no Brasil.

Fonte: MENDES et al., 2005

Uma pesquisa realizada em 2005 pelo Relatório da Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Classe Residencial nos mostra que atualmente no Brasil os aparelhos para conforto térmico e condicionantes de ar, são responsáveis por um consumo energético de 20 % nas residências (PASA; JÚNIOR; KOVALESKI, 2010).

Em 2006, os setores público, comercial e residencial, desfrutavam de um total de 42% da energia elétrica gerada no Brasil. O qual se pode dividir este consumo em várias atividades. No setor residencial a refrigeração tem um uso de 33% da energia gasta, já para os setores públicos e comerciais, o gasto energético devido à utilização de ar-condicionado chega a 48% (BALTAR, 2006).

O atlas da ANEEL do ano de 2008 coloca que o grande desenvolvimento no consumo energético de um país apesar, de ter forte influencia no aquecimento econômico, e melhoria da qualidade de vida, possui pontos negativos quanto esgotamento de recursos energéticos, impactos a serem causados no meio ambiente e necessidade de novos investimentos para obter fontes de energias.

No ano de 2011 foi publicado o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), onde o objetivo é desenvolver ações para o cumprimento de metas estabelecidas, o qual em 2030 se tenha uma redução media de 10% no consumo energético do país(EPE, 2014).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2015, o consumo energético no Brasil teve decréscimo de 2,1% comparado com o ano de 2014, porém, este recuo está associado aos altos valores de tarifas e um recuo no consumo industrial. O último recuo registrado pela EPE foi no ano de 2004, a Tabela 1 demonstra a comparação de consumo energético no Brasil entre o ano de 2004 e 2015, podendo visar à vasta diferença entre ambas.

Tabela 1 - Consumo energético anual por regiões.

ANO	2004	2015
TOTAL BRASIL	78.470.110	131.023.789
REGIÃO GEOGRÁFICA		
Norte	4.086.342	9.073.669
Nordeste	12.487.969	26.113.524
Sudeste	42.833.145	64.618.960
Sul	13.112.493	20.352.643
Centro-Oeste	5.950.160	10.864.993
SUBSISTEMA ELÉTRICO		
Sistemas Isolados	2.290.015	1.644.591
Norte	2.946.387	8.907.368
Nordeste	11.440.931	23.192.492
Sudeste/C.Oeste	48.680.284	76.926.695
Sul	13.112.493	20.352.643

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.

2.2 INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS NO CONFORTO TÉRMICO

As tecnologias utilizadas no setor da construção civil muitas vezes não atendem o esperado, gerando dúvidas, pois, a necessidade das habitações é que haja conforto e segurança para os moradores, de modo a atender uma boa qualidade de vida (SORGATO et al., 2014).

O homem procura por melhores condições na qualidade de vida, o que o instiga a possuir construções mais sofisticadas e confortáveis. A indústria está focada em desenvolver produtos que atenda esta necessidade, porém, devido à grande demanda os materiais produzidos, muitas vezes não atendem os requisitos para uma climatização saudável, o que acaba influenciando no aumento do consumo energético por equipamentos de climatização (LAMBERTS, 1997).

Uma boa parte das edificações atuais não leva em conta a necessidade de inércia na troca térmica de calor, e muitas vezes são constituídas apenas de concreto e materiais que não possuem nenhum tipo de proteção ou isolamento térmico. Este fato influencia na qualidade de vida do usuário, causando um consumo

de energia maior, para atender um ambiente agradável para as pessoas que ali residem (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2005).

A natureza proporcionais materiais isolantes, que utilizados de forma racional influenciam constantemente em um condicionamento térmico aceitável, diminuindo a necessidade de utilização de aparelhos de aquecimento ou refrigeração (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2005).

Os componentes de envoltória (cobertura, paredes, portas e etc.) são os principais responsáveis pelo desempenho da troca térmica entre o ambiente interno e externo, pois suas propriedades físicas são o que separam os ambientes (SORGATO, 2009).

Um bom exemplo de componentes de cobertura a ser citado é a utilização de telhas de cimento-amianto, que se tornou uma técnica significativa quando pintada de branco, pois, a radiação solar é refletida reduzindo assim o calor interno da residência, a tinta de cor branca possui uma efetividade positiva de conforto térmico quando comparado com telhas de barro convencionais (SEVEGNANI; FILHO; DA SILVA, 1994).

Fiorelli et al., (2008), analisou a eficiência térmica de uma telha reciclada à base de embalagens tetra pak, sendo novamente um bom exemplo para coberturas, onde o autor construiu quatro protótipos localizados no campus da UNESP na cidade de Dracena/SP.

O primeiro protótipo foi coberto com a telha de estudo, o segundo com telha de fibrocimento, o terceiro com telha cerâmica e o quarto com telha cerâmica pintada de branca (tinta a base de PVA). Os resultados demonstraram que a telha proposta de estudo, está numa faixa média entre as demais, ou seja, a telha estudada possui uma eficiência igual à de um telhado convencional, o que torna o material reciclado, como uma alternativa para a construção civil.

Sevegnani, Filho e Silva, (1994), analisaram seis sistemas de coberturas diferentes, os quais estão descritos abaixo:

- Sistema 1: possui telha de barro tipo capa-canal, com declividade de 36%.
- Sistema 2: telha ondulada de cimento-amianto de 6mm, com declividade de 26%.

-Sistema 3: telha térmica em perfil trapezoidal, composta por duas chapas de alumínio com 0,5 mm de espessura e poliuretano rígido expandido entre elas, perfazendo uma espessura final de 30mm. Declividade de 10%.

- Sistema 4: telha de zinco ondulada de 0,7 mm de espessura, com declividade de 26%.

- Sistema 5: telha de alumínio ondulada de 0,6 mm de espessura, com declividade de 26%.

- Sistema 6: telha de fibra de vidro translúcida ondulada, de 1 mm de espessura, com declividade de 26%.

Os resultados do estudo, concluíram que a telha de barro possui melhor eficiência para conforto térmico, seguida pela telha de alumínio e telha térmica que tiveram valores parecidos, depois por telha de cimento amianto simples, telhas de zinco, e a que obteve piores resultados foi à telha de fibra de vidro.

Sorgato (2009) estudou o desempenho de quatro modelos residenciais uni familiares, que sofrem a influência de ventilação natural. O autor utilizou simulação computacional para obter os resultados, sendo variando as transmitâncias térmicas e absorbância das paredes e coberturas. Calcularam-se graus-hora (neste caso apenas mudou a unidade de tempo, de dias para horas), que demonstrou uma forte influência das paredes e coberturas para o conforto térmico interno. O tamanho da residência também influenciou nos resultados, onde as residências menores obtiveram resultados mais satisfatórios que as de maior proporção.

Portanto observa-se que alguns recursos existentes no dia-a-dia e na natureza, podem ser utilizados como forma de diminuir a troca térmica, e colaborar como uma forma eficaz para o conforto térmico. Os materiais podem auxiliar contra a insolação, causada principalmente nos períodos de verão, e também com variações térmicas que ocorrem nas mais distintas épocas do ano (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2005).

2.3. TELHADOS VERDES

Telhados verdes foram desenvolvidos há muito tempo, os povos da América Central utilizavam-no como isolante térmico em suas residências, onde os telhados eram construídos apenas com gramíneas, os povos nórdicos da Europa no século XIX, utilizavam alguns tipos de plantas e outros tipos de cultivo para regular a temperatura do ambiente, estes telhados não eram totalmente constituídos de vegetação, mas com o avanço de tecnologia estas técnicas foram substituídas após a invenção de aquecedores e equipamentos condicionantes do ar, atualmente a utilização desta técnica está voltando a ser discutida, por causa das preocupações com o clima e o consumo energético (DE MELLO et al., 2010).

A utilização de telhados verdes não remete apenas a impermeabilização hídrica e estabilidade climática, mas também a casos em larga escala como erosão e o aquecimento global, os quais são freqüentemente registrados no meio ambiente, com a grande imigração da população rural para as cidades, uma alternativa para o seguimento de sua cultura, costumes alimentares e a qualidade de vida podem ser os telhados verdes (BELTRAN, 1995).

A vantagem do sistema de telhados verdes é que a camada superficial das plantas e terra serve como um isolante térmico, onde em períodos quentes ele mantém a temperatura estável, pois, em regiões de clima temperado o gasto energético com calefação é elevado, e em períodos frios ele guarda o calor. A Figura 2 apresenta estrutura de telhados verdes de forma simplificada (DE MELLO et al., 2011).



Figura 2– Corte esquemático simples da estrutura de um telhado verde
Fonte: DE MELLO et al., 2011

Os telhados verdes são coberturas que possuem em sua constituição superficial vegetação, normalmente se utiliza alguns tipos de gramíneas, espécies arbóreas ou até musgos. Estas composições podem ser alocadas nas lajes de construções, casas e edifícios, e são divididos em forma extensiva, intensiva e semi-extensiva. A vegetação extensiva é caracterizada por uma vegetação simples, que não há necessidade de cuidados (BLANCO, 2012).

Segundo IGRA (The Internacional Green Roof City Network), o peso de uma vegetação extensiva está em torno de 60 a 150 Kg/m², e é utilizado como uma camada de proteção ecológica, sendo a irrigação não necessária e tendo um sistema de acumulação de altura de até 200 mm. A vegetação extensiva possui gramíneas em sua constituição, seus custos e cuidados são relativamente pequenos comparados com as demais formas de vegetação, a Figura 3 indica a representação real de telhado verde do tipo extensivo (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).



Figura 3: Representação de telhados verdes extensivos

Fonte: FARIAS, 2011;

A manutenção exigida para telhados semi-extensivos é relativamente alta, necessita ser irrigado regularmente e seu sistema de acumulação de altura pode alcançar acima de 1000 mm, o peso deste tipo de cobertura está entre 180 a 200

Kg/m², e seu é empregado mais para telhados projetados. A vegetação semi-extensiva é o meio termo entre a intensiva e extensiva, portanto a manutenção, peso e custos, estão em um nível intermediário, a Figura 4 representa um exemplo deste tipo de vegetação (IGRA, 2012).



Figura 4: Representação de telhado verde semi-extensivo.
Fonte: CORSINI, 2011

O IGRA classifica telhados verdes com vegetação intensiva, como a forma mais adequada, seu peso está em torno de 180 a 500 Kg/m², tendo uma acumulação de altura com no máximo 2500 mm, contendo manutenção e irrigação periódica e em comparação as vegetações citadas acima. A vegetação intensiva tem como principal ramo árvores e arbustos, o que leva a uma necessidade de manutenção e cuidados elevados, seu peso e custo é mais elevado respectivamente, é fortemente utilizado para áreas de lazer e recreação, como parques, a Figura 5 indica a representação de vegetação intensiva em grandes edifícios.

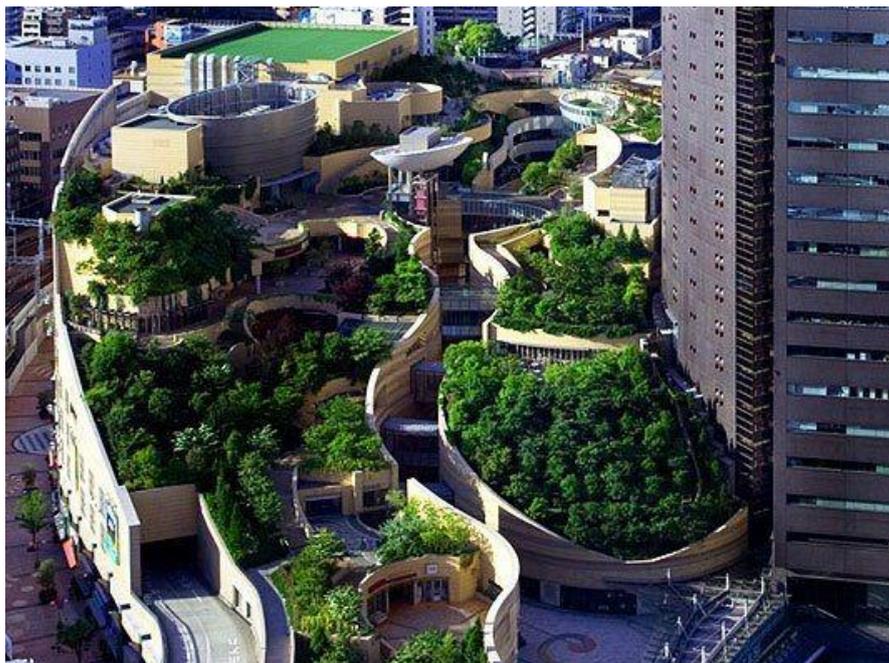


Figura 5: Representação de telhados verdes intensivos.
Fonte: PICORELLI, 2013;

Os telhados verdes possuem vantagens imensas para o acréscimo da qualidade de vida, pois controlam a temperatura do edifício, transformando-o em um ambiente agradável e favorável para viver. Outro grande ponto a se destacar é a estética que trás ao edifício, podendo se transformar em um ambiente de lazer para todos os ocupantes. Difícil de entender por que não se adota esta pratica nas residências, mas com as grandes variações climáticas, esta será uma forma de nos manter seguros e confortáveis (KOLB, 2003).

A construção do telhado na forma intensiva requer uma estrutura mais fortificada o que demanda alto valor no mercado, mas os modelos extensivos podem ser uma forma de iniciar essa transição do processo de substituição dos telhados convencionais, pois seu custo é relativamente menor e seu efeito também é positivo (KOLB, 2003).

O aproveitamento da água também é uma proposta a ser analisada, pois, os telhados tendem a captar a água da chuva, e mesmo ocorrendo evapotranspiração (no caso de cobertura extensiva é 50% e no caso das intensivas é de 70 % das precipitações anuais), o volume acumulado pode ser utilizado para as descargas de vasos sanitários, limpeza de calçadas e para irrigação de jardins ou do próprio telhado em períodos de secas. O custo para implantação de cisterna no sistema está em torno de 10% do ganho com a precipitação anual (KOLB, 2003).

A Figura 6 compara a temperatura entre telhado convencional e telhado verde com cobertura de gramínea, é possível observar a temperatura acima e abaixo da cobertura vegetal, e acima da área sem cobertura vegetal.

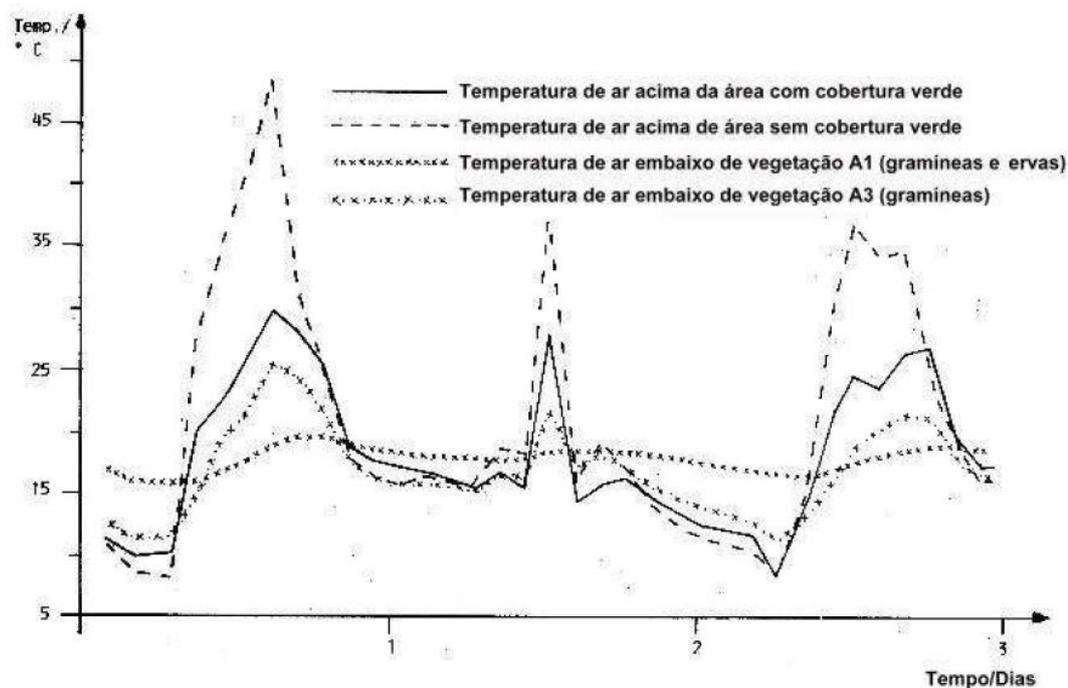


Figura 6: Dados de temperaturas com telhado verde e com telhado sem cobertura verde.

Fonte: (KOLB, 2003)

Esta Figura nos mostra que a vegetação pode auxiliar no controle de temperaturas nas edificações, onde isto ocorre graças à evapotranspiração, o que nos mostra que a vegetação na forma intensiva possui a melhor eficiência, graças a sua elevada massa vegetal constituinte. A forma extensiva possui uma menor taxa de evapotranspiração quando compara com a intensiva, por tanto sua eficiência de reter calor é menor (KOLB, 2003).

Um estudo realizado por Niachou et al., (2001) analisou a performance energética e a propriedade térmica de telhados verdes extensivos, com o intuito de avaliar o desempenho das coberturas vegetais em relação as coberturas convencionais, com o objetivo de avaliar a eficiência energética em edifícios na cidade de Athena na Grécia, basicamente o mesmo intuito deste trabalho. Os pesquisadores analisaram os efeitos da cobertura na pratica e por simulações matemáticas, para as simulações utilizaram o Software TRNSYS para calcular a

transferência de calor, e na prática realizam estudos do comportamento da cobertura vegetal comparada com a convencional num período de 50 dias, analisando sempre o desempenho térmico das duas. Concluíram que a economia variou de 37 a 48% em edifícios sem isolamento, 4 a 7 % com isolamento moderado e 2% para isolamentos bem aplicados (FERRAZ, 2012).

A Tabela 2 demonstra os coeficientes globais de transferência de calor (U), encontrados por NIACHOU et al., (2001) para coberturas verdes, e separa os valores de cada grau de isolamento.

Tabela 2 - Coeficiente Global de Transferência de Calor para telhados verdes por grau de isolamento nos telhados.

Isolamento	Coeficiente global de transferência de calor (W/m².K)
Sem isolamento	6 a 16
Moderado	0,2
Fortemente isolado	0,02 a 0,06

Fonte: NIACHOU et al., 2001 apud FERRAZ, 2012.

O autor consta como isolamento moderado, as estruturas que obtêm isolamento térmico, com 15 centímetros de concreto, 5 centímetros de isolante e 15 centímetros concreto novamente, e para um forte isolamento, uma estrutura abaixo do telhado de 15 centímetros de concreto, 10 a 15 centímetros de isolamento (depende do caso, e custo), e 15 centímetros de concreto novamente. Já estruturas sem isolamento, seria apenas a laje convencional, ou no caso de telhados verdes sobre telhado, o qual será citado abaixo (NIACHOU et al., 2001).

2.4. ESTRUTURAÇÃO DOS TELHADOS VERDES

“Os telhados verdes possuem várias camadas e formas, portanto segue a sua estruturação, segundo Oliveira (2009):

- 1) Sobre laje: Esta tende a ser estruturada, pensando em toda a parte de dreno e de construção para fortalecimento da vegetação, a qual a área deve estar confinada.

- a. Laje: Serve como suporte para as cargas estruturais permanentes, mas também para casos de cargas acidentais, o qual ainda pode contar com outro tipo de suporte para auxílio do processo;
- b. Camada de impermeabilização: Este deve contar com produtos anti raízes para conter a infiltração da água na laje, onde se pode utilizar filme plástico, manta asfáltica, mistura de água cimento e látex, entre outros;
- c. Camada de isolamento térmico: Esta normalmente não é utilizada visto que o próprio telhado tem a mesma função, porém para maior efetividade do processo pode ser utilizada sem nenhum problema.
- d. Camada de proteção mecânica: Normalmente se utiliza argamassa simples de areia e cimento de traço 6 para 1, com o objetivo de impedir qualquer dano a camada de impermeabilização.
- e. Camada de drenagem: Seu objetivo é regular a retenção da água, sendo um processo eficiente, para quaisquer condições, é possível utilizar materiais de densidade variável, sempre analisando a precipitação e o projeto em si.
- f. Camada de filtragem: Está é considerada facultativa, porém seu objetivo é muito importante, onde ela impede a decida de substratos ou lixiviados para a camada de drenagem, os quais podem ser prejudiciais comprometendo a eficiência do processo.
- g. Camada de substratos: Nesta camada se encontra todos os nutrientes que a camada vegetativa vai necessitar para seu desenvolvimento, sua espessura varia de acordo com o tipo de telhado implantado, por exemplo, em telhados de formas extensivas a espessura de nutrientes se encontra na faixa de 5 a 15 cm, dependendo ainda do tipo de vegetação, já para telhados de forma intensiva o valor é maior.
- h. Camada de Vegetação: Aqui se encontra a vegetação do telhado, o qual dependerá do tipo de projeto estabelecido, esta conta ainda com a altura do solo e de vegetação, onde o clima e a precipitação

são altamente influentes na escolha, para casos intensivos e semi-extensivos, é necessário se pensar na manutenção.”

Pode-se conferir uma imagem ilustrativa na Figura 7, onde as camadas citadas acima são representadas.

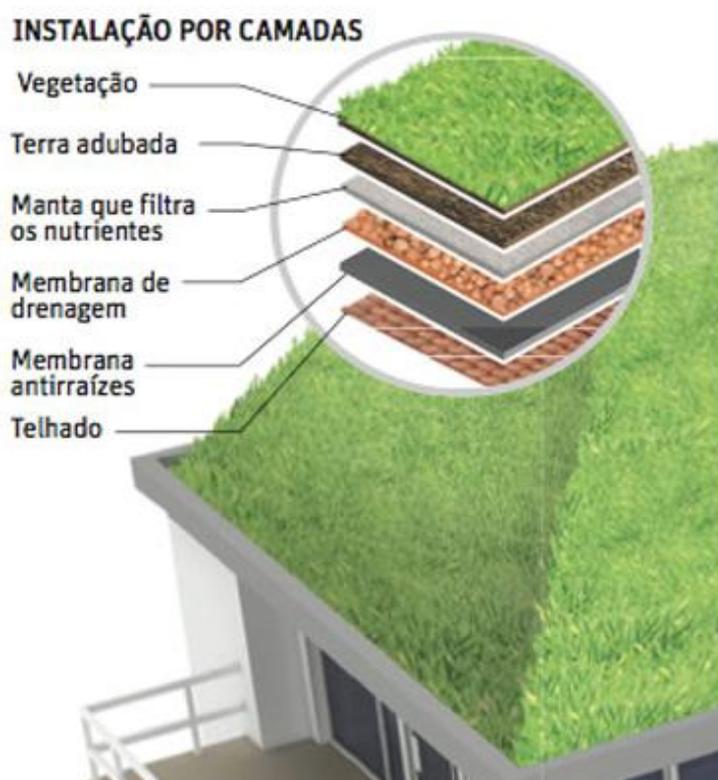


Figura 7: Telhado verde sobre laje detalhado.
Fonte: Diniz, 2013

- 2) “Sobre telhados: Este caso deve contar com o estudo da estruturação do telhado, onde a inclinação e capacidade de carga são fundamentais para o projeto. Opta-se por sistemas modulares, os quais estão representados a seguir:
 - a. Camada de Impermeabilização: Seu objetivo é impedir a infiltração da água para a telha, e seu material deve resistir as elevadas taxas de raios UV, utiliza-se filme plástico.
 - b. Camada de substrato: Nesta camada se encontra todos os nutrientes que a camada vegetativa vai necessitar para seu desenvolvimento, sua espessura varia de acordo com o tipo de

vegetação a qual se encontra na faixa de 5 a 10 cm, caso a espessura for maior que estes valores o risco de erosão aumenta.

- c. Camada de Vegetação: É a cobertura vegetal, porém neste caso é necessário escolher vegetação que suporta elevado estresse hídrico, e baixo crescimento vegetativo, no caso apenas a forma extensiva, a vantagem é que a manutenção não requer cuidados excessivos.”

A Figura 8 demonstra a representação de telhados verdes sobre um telhado, o qual o mesmo foi explanado a cima e assim é representado:



Figura 8: Telhados verdes sobre laje.

Fonte: DCA-Arq. Disponível em <<http://www.dca.arq.br/index.php/telhado-verde/>>

2.5 MÉTODO GRAUS-DIA

A metodologia de graus-dia foi desenvolvida no final dos anos 20, e possui a finalidade de estimar a quantidade de energia necessária para calefação e resfriamento de construções, considerando os diferentes climas de regiões (SAID, 2003).

Cálculos sazonais de consumo energético geram um papel importante para o cálculo de resfriamento e aquecimento nas residências familiares. Existe uma série de métodos para calcular o consumo e necessidade de energia em edifícios, porém, o trabalho com método graus-dia é a forma mais simples e confiável de estimar a energia. Os engenheiros que projetam o clima nas edificações utilizam uma série de

dados para analisar a eficiência energética e conforto térmico, onde o aquecimento em graus-dia (HDD) e o resfriamento graus-dia (CDD) podem estimar os dados necessários para implantação de métodos e sistemas de conforto térmico nas edificações (DOMBAYCI, 2009).

PASA et. al., (2012), utilizou o método graus dias para avaliar a eficiência energética em edificações da região sul, estudando alguns materiais construtivos empregados, com a definição de três temperaturas ideais para conforto climático nas residências. Para a realização deste trabalho utilizou-se o modelo de residência que obteve a melhor eficiência energética de outro estudo. O método graus-dias simulou todas as configurações propostas e estabeleceu dados para análise no município de Curitiba. A Figura 9 demonstra o resultado da energia requerida para aquecimento do estudo.

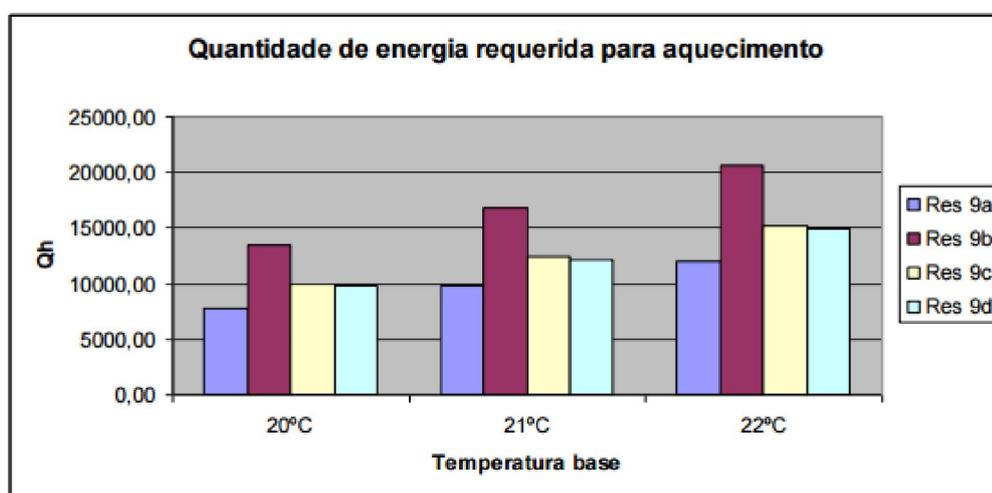


Figura 9: Quantidade de energia requerida para aquecimento (KWh/ano).

Fonte: PASA et. al., 2012

O estudo de Komeno, Kruger e Sposto, (2003) avaliou o desempenho térmico de sistemas construtivos para habitações de interesse social aplicando o método graus-dia e o método IPT, se utilizou um software chamado ARQUITROP, e estudaram três tipos de residências, obtiveram valores como os demonstrado na Figura 10, para aquecimento e na Figura 11, para resfriamento para cada tipo construtivo.

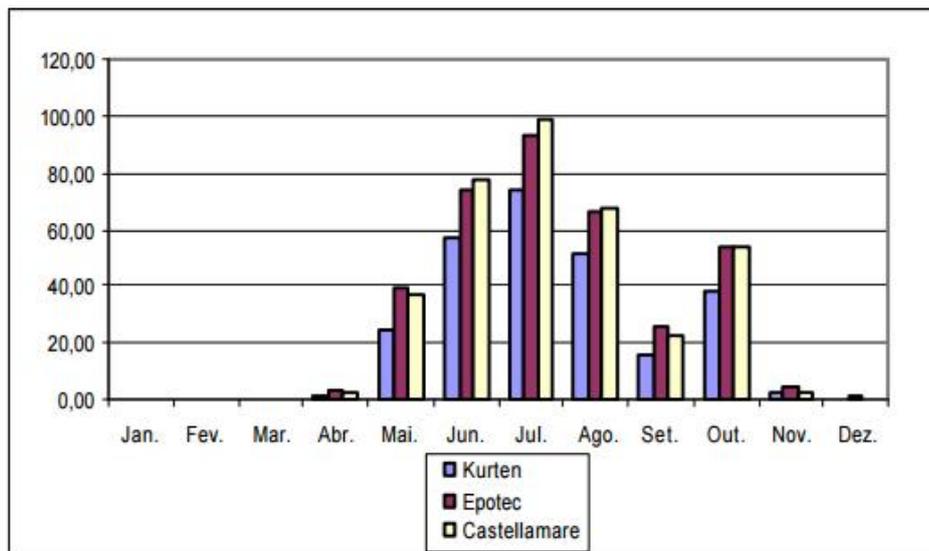


Figura 10: Gráfico do somatório mensal dos graus-dia de aquecimento para Curitiba.

Fonte: KOMENO; KRUGER; SPOSTO, 2003

Observa-se na Figura 10 que os valores para aquecimento são comparados no inverno, onde há uma necessidade maior nos períodos de junho a agosto, o que nos indica o período de inverno (KOMENO; KRUGER; SPOSTO, 2003).

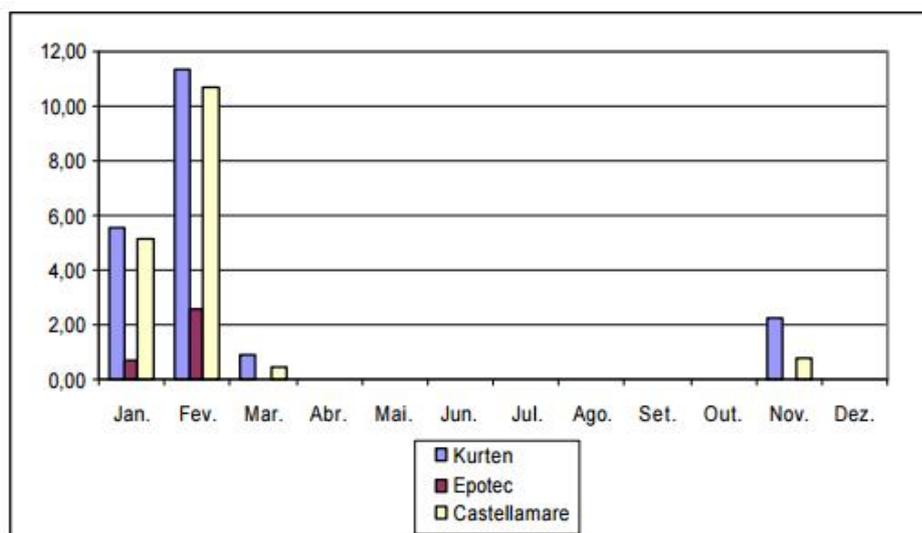


Figura 11: Gráfico do somatório mensal dos graus-dia de resfriamento para Curitiba.

Fonte: KOMENO; KRUGER; SPOSTO, 2003

A Figura 11 demonstra os valores para resfriamento, onde a energia necessária se encontra principalmente nos períodos de janeiro e fevereiro com os materiais construtivos propostos (KOMENO; KRUGER; SPOSTO, 2003)

Sailor, Elley e Gibson (2012), realizaram um estudo do desempenho de telhados verdes nos Estados Unidos da América, utilizando a metodologia Graus-dia. Em quatro cidades diferentes (Houston, Phoenix, Portland e Nova York City), os autores simularam o desempenho dos telhados verdes, levando em consideração o índice pluviométrico, condições do clima no verão e no inverno, e tendo como base para o calculo de graus dia uma temperatura de 18 °C. A Figura 12 demonstra os resultados obtidos da economia no consumo de energia e do custo da energia.

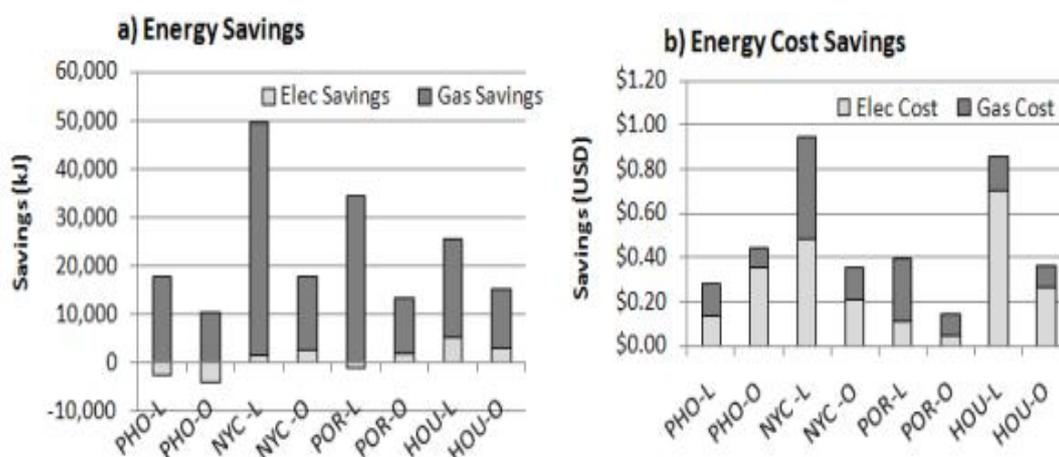


Figura 12: Resultados do estudo dos telhados verdes nos Estados Unidos, utilizando Graus-dia.

Fonte: SAILOR; ELLEY; GIBSON, 2012

A Figura 12 demonstra as cidades de estudo e o valor de economia de energia ou de economia monetária, onde são comparados alojamentos (representados pela letra L) e escritório (representados pela letra O). Percebe-se que em alguns casos o custo pode ser maior de energia, porém em todos os casos a economia pelo custo de gás foi elevada. O autor coloca que esta economia no gás ocorre pelo fato de a massa térmica do telhado verde armazena o calor, onde pode ser utilizado na noite e na manhã seguinte, se conclui que os telhados verdes modelados, demonstraram resultados positivos de economia de energia, porem deve-se analisar o custo de energia na região, pois depende de lugar para lugar (SAILOR; ELLEY; GIBSON, 2012).

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos levam em consideração o estudo de Pasa, Júnior e Kovaleski (2010), que serviram como base para o desenvolvimento do presente estudo.

O método graus-dia foi utilizado para calcular a eficiência energética de telhados verdes em casas unifamiliares no município de Foz do Iguaçu.

A determinação dos materiais utilizados para o modelo das edificações foi o primeiro passo para estabelecer os dados de cálculo do método. Os telhados verdes são estudados no tipo extensivo, pois, seu custo é relativamente menor, e para atender a realidade proposta.

A fase seguinte teve como principal foco o levantamento de dados climáticos do município de Foz do Iguaçu. Estabeleceram-se como período de estudo os últimos cinco anos, para avaliação dos dados de temperaturas máximas e mínimas. Posterior ao levantamento de dados segue-se para a definição das edificações a serem estudadas, cujas plantas baixas foram baseadas no projeto de Pasa, Júnior e Kovaleski (2010). As plantas são de residências que fazem parte do Projeto Casa Fácil, que é uma iniciativa do governo federal para auxiliar na construção de residências uni familiares para pessoas de baixa renda, onde a pessoa que possui uma renda inferior a dois salários mínimos recebe total auxílio para a construção da sua casa.

Com todas as informações coletadas é possível aplicar o método graus-dia para assim analisar a eficiência energética dos materiais empregados nas coberturas das edificações.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de estudo é o de Foz do Iguaçu que pertence à região oeste do estado do Paraná, possui um clima de grande variabilidade durante o ano, segundo a classificação de Köppen-Geiger seu clima é subtropical úmido (Cfa). O município ainda conta com estação meteorológica e está localizado em latitude 25°32'49" sul,

e longitude 54°35'18" oeste, sua população é de aproximadamente 264 mil habitantes, uma área territorial de 618,352 km (IBGE, 2015).

A Figura 13 representa a localização do município de Foz do Iguaçu no estado do Paraná.

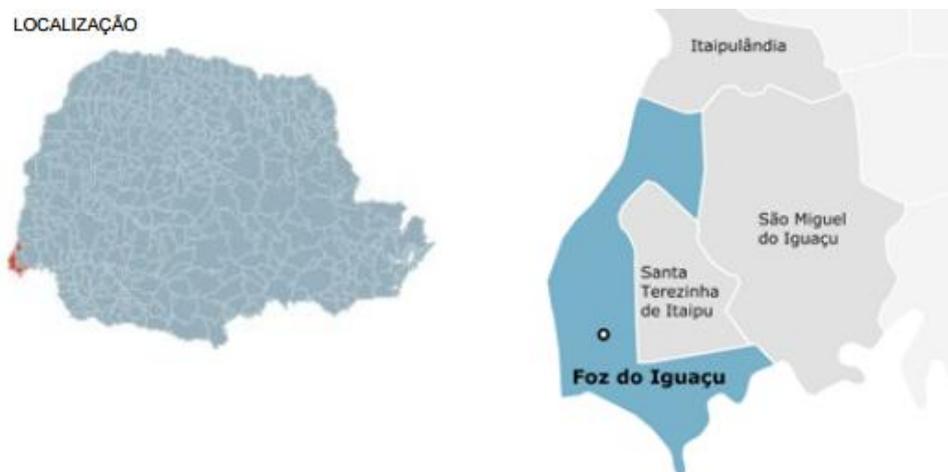


Figura 13: Localização de Foz do Iguaçu no estado do Paraná.

Fonte: IPARDES, 2016

3.2 TELHADO E CONSTRUÇÃO

O telhado de estudo é do tipo extensivo, onde seu custo, necessidade de estrutura, manutenção e não necessitam de irrigação, possuem um peso de 60 a 150 kg/m², e para a realidade de projeto é o mais adequado.

As metodologias de construção neste estudo foram por dados secundários, visto que a falta de tempo e recursos impediu a análise em sistema real. O telhado verde é composto pelos seguintes elementos: Laje, Camada impermeabilizante, isolante térmico, camada de drenagem, camada filtrante, solo e a vegetação; podendo ser utilizadas outras camadas quando há necessidade.

A vegetação definida foi à grama esmeralda (*Zoysia japonica Steud*) que está representada pela Figura 14, pertencente à família Poaceae suporta clima equatorial, mediterrâneo, temperado, subtropical, tropical e seu crescimento máximo está em torno de 15 cm, tendo origem no continente da Ásia, principalmente na

região do Japão e China, possui ainda um ciclo perene e sua luminosidade é de sol pleno (PATRO, 2013).



Figura 14: Grama Esmeralda (*Zoysia japonica Steud*).

Fonte: Gramas e Gramados, 2016.

3.3 METODO GRAUS-DIA

O método graus-dia pode ser calculado pelo somatório da diferença de temperatura ambiente e temperatura base definido, representado pelas equações (1) e (2). Quando o valor de temperatura se encontra diferente da temperatura base (T_b) que é definida sendo a temperatura ideal para conforto térmico é possível definir o valor de graus-dia, lembrando que este estudo só pode ser realizado quando há dados de temperatura de longos períodos de tempo (meses ou anos) (GOULART, 1993).

Após estudar o somatório de temperatura, e este valor se encontra abaixo de T_b , podemos dizer que há necessidade de calefação, onde você descobrirá o calor para aquecimento em graus-dia, quando este valor está maior que T_b , a energia estudada é para aquecimento, e é chamada de graus-dia para resfriamento. As formulas de HDD (aquecimento em graus dia) e CDD (resfriamento em graus dia) estão representadas abaixo (GOULART, 1993 apud PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010).

$$HDD = \sum Tb - Tméd \quad (1)$$

$$CDD = \sum Tméd - Tb \quad (2)$$

Os cálculos representados acima podem variar dependendo do tipo de projeto, por exemplo, se for apenas para resfriamento do ambiente, pode utilizar a maior temperatura em um determinado período de tempo, o qual se nomeia T_{max} , assim quando a necessidade está para aquecer o ambiente o processo é inverso, utiliza-se a menor temperatura no determinado período de tempo o qual se nomeia T_{min} (DOMBAYCI, 2009).

A utilização da termodinâmica para conforto térmico é a formalização entre o clima e os parâmetros climáticos da construção, onde estes parâmetros para serem estudados, necessitam dos dados de micro clima do edifício (Temperatura interna para conforto, e a temperatura externa). A avaliação de ambas as temperaturas podem ser consideradas quase estacionárias (não mudam), pois, as mudanças são relativamente lentas (MISEVICIUTE; BIEKSA; MARTINAITIS, 2010).

A temperatura interna desejável deve ser estabelecida para o cálculo de formação de micro clima do edifício em período particular, onde este período pode ser de dias, meses, semestres e anos, levando em consideração o clima, normalmente se define um valor específico pela estação que se encontra. O que deve se determinar é a variação da temperatura externa neste período (MISEVICIUTE; BIEKSA; MARTINAITIS, 2010).

O coeficiente global de perda de calor (L) é o último passo a ser calculando antes do início da aplicação de graus-dia para uma gama de resultados do estudo, onde o coeficiente é representado assim:

$$L = \sum U * A + I * (\delta * Cp)ar * V/3,6 \quad (3)$$

Onde:

U é o coeficiente global de transferência de calor;

A é a área dos ambientes;

I é a taxa de troca de ar

V é o volume interno da construção;

$\delta \cdot C_p$ é a capacidade térmica volumétrica do ar.

Fonte: (PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010)

Os valores utilizados na equação (3) são todos provenientes das condições existentes na edificação ou ao seu entorno. O coeficiente global de transferência de calor deve ser estudado a partir de cada material utilizado, por exemplo, telha de barro possui um valor, a parede de tijolo de 10 cm de largura outro, sendo calculados separadamente. O valor de área é correspondente a superfície de contato entre o ambiente interno e externo, a taxa de troca de ar capacidade térmica volumétrica do ar, da construção pode ser estudado por região ou retirado de literatura, e o volume interno da construção é todo o volume como um sistema fechado (PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010).

Com a união entre os valores de CDD e HDD representados pelas equações (1) e (2), juntamente com a equação (3) que representa os valores do coeficiente global de perda de calor (L), se torna possível determinar a energia requerida anual para resfriamento (Q_c) e para aquecimento (Q_h), após realizar um ajuste de unidades que está inclusa na equação, estas estão representadas pelas equações (4) e (5) (PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010).

$$Q_c = CDD * L * 0,024 \quad (4)$$

$$Q_h = HDD * L * 0,024 \quad (5)$$

Para a aplicação do método proposto, utilizaram-se dados de temperatura máxima e mínima diários dos últimos cinco anos do município ao qual se considerou as datas de Janeiro de 2011 a Dezembro de 2015. O levantamento de dados foi possível a partir do banco de dados histórico de uma instituição meteorológica internacional, que foi escolhida pela grande quantidade de dados diários. A metodologia do trabalho foi realizada através dos projetos fornecidos pelo artigo de

Pasa, Junior, Kovaleski (2010). Os projetos em questão são compostos de plantas baixas para residências unifamiliares de padrão baixo.

Os valores de temperatura base no inverno são de 20 a 22°C e no verão de 23 a 25° C, as temperaturas foram retiradas da norma Instalações centrais de ar-condicionado para conforto (NBR-6401), a qual foi utilizada por vários outros estudos nesta área. Este trabalho ainda adotou o cálculo de graus-dia pelas equações aquecimento em graus-dia HDD (1) e o resfriamento graus-dia CDD (2).

O Quadro 1 mostra as características construtivas adotadas para cada residência estudada adotadas no estudo de Pasa, Junior, Kovaleski (2010).

Residência	Paredes	Cobertura
Modelo 03	Tijolos de 6 furos circulares, argamassa de emboço com 2,5 cm. Espessura de parede = 15,0cm	Telha de barro com espessura de 1,0cm sem forro.
Modelo 05	Blocos cerâmicos de 3 furos, argamassa de assentamento com 1,0 cm, argamassa de emboço com 2,5cm. Espessura da parede = 18,0 cm	Telha de barro com espessura de 1,0cm, forro de madeira com espessura de 1,0cm.
Modelo 09	Tijolos maciços, argamassa de assentamento com 1,0cm, argamassa de emboço com 2,5cm. Espessura da parede: 15,0cm.	Telha de barro com espessura de 1,0cm, forro de concreto com espessura de 3,0cm.
Modelo 12	Tijolos de 2 furos circulares, argamassa de assentamento com 1,0cm, argamassa de emboço com 2,5cm. Espessura da parede: 17,5cm.	Telha de barro com espessura de 1,0cm, laje de concreto com espessura de 20,0cm.

Quadro 1: Características das residências de estudo.

Fonte: Projeto de Norma 02:135.07-001/3

Os valores como a taxa de troca do ar e capacidade térmica volumétrica do ar, foram repetidos para fins legais de estudo, portanto se utilizou os mesmo dados do trabalho base, a taxa de troca do ar (I) igual a 1troca/hora , e a capacidade térmica volumétrica do ar ($\delta \cdot C_p$) igual a $1,2\text{ kJ/m}^3 \cdot K$.

Para a representação do ganho energético das edificações utilizou-se o cálculo anual do consumo de energia para resfriamento (Q_c) representado pela

equação (4) e de aquecimento (Q_h) representado pela equação (5), onde estes forneceram valores nas unidades de kWh/dia.

A Tabela 3 demonstra as áreas e volume considerados no estudo, cujos valores foram retirados das plantas baixas fornecidos pelo CREA/PR (Cascavel) utilizados para o projeto Casa Fácil, e estudados por Pasa, Junior, Kovaleski (2010).

Tabela 3 – Quantificação das áreas das residências e volume das residências.

Residências	Áreas (m ²)				Volume Interno (m ³)
	Paredes	Piso	Cobertura	Aberturas	
Modelo 03	83,66	70	70	8,14	168,97
Modelo 05	99,07	100,67	100,67	9,47	237,48
Modelo 09	77,14	63	63	9,36	145,74
Modelo 12	96,64	94,65	94,65	10,06	210,87

Fonte: PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010.

O coeficiente global de transferência de calor para cada um dos modelos propostos está representado na Tabela 4, cujos valores foram obtidos a partir do Projeto de Norma (02:135.07-001/3), com exceção das aberturas e pisos que foram retirados da literatura (PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010).

Tabela 4 - Coeficiente global de Transferência de Calor, das residências propostas para estudo.

Residência	Coeficiente global de Transferência de Calor - U (W/m ² .K)			
	Paredes	Coberturas	Aberturas	Pisos
Modelo 03	2,28	4,55	5,91	0,12
Modelo 05	2,43	2	5,91	0,12
Modelo 09	3,13	2,24	5,91	0,12
Modelo 12	2,43	1,84	5,91	0,12

Fonte: PASA; JUNIOR; KOVALESKI, 2010.

O conhecimento dos valores de HDD e CDD para os valores de temperaturas base definidos estão representados na Tabela 5.

Tabela 5: Dados de CDD e HDD para as faixas de estudo de temperatura.

CDD	22°C	21°C	20°C
	9136,4	7571,5	6239,8
HDD	25°C	24°C	23°C
	8060	9517,7	11035,5

Fonte: Autoria Própria.

Com os resultados obtidos de HDD e CDD, é possível prosseguir e encontrar o coeficiente global de perda de calor (L). A Tabela 6 representa os valores obtidos após utilizar a equação (3).

Tabela 6: Valores do coeficiente global de perda de calor (L).

Residência	Valor de L para Cobertura Verde
Modelo 03	317,5755
Modelo 05	408,0822
Modelo 09	365,5058
Modelo 12	394,8678

Fonte: Autoria Própria.

4. RESULTADOS

Os resultados são modelos matemáticos baseados nas temperaturas máximas e mínimas diárias do município de Foz do Iguaçu, que foram estudadas para necessidade de aquecimento e resfriamento. O quadro 2 demonstra como foram divididos os resultados, representando o tópico e a forma de resultado obtida.

Disposição dos resultados				
4.1 Sem Isolamento	Aquecimento	25 °C	24 °C	23 °C
	Resfriamento	22 °C	21 °C	20 °C
4.2 Isolamento Moderado	Aquecimento	25 °C	24 °C	23 °C
	Resfriamento	22 °C	21 °C	20 °C
4.3 Fortemente Isolados	Aquecimento	25 °C	24 °C	23 °C
	Resfriamento	22 °C	21 °C	20 °C

Quadro 2: Disposição dos resultados de graus-dia.

4.1 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES SEM ISOLAMENTO

As Figuras 15, 16 e 17 demonstram a comparação entre as coberturas convencionais e a cobertura verde entre as faixas de 25 a 23 °C, onde se é analisado o modelo sem a cobertura verde e com a cobertura verde lado a lado. A cobertura verde neste caso se demonstra totalmente ineficiente, e é necessário por tanto comparar este tipo de telhado com isolamento.

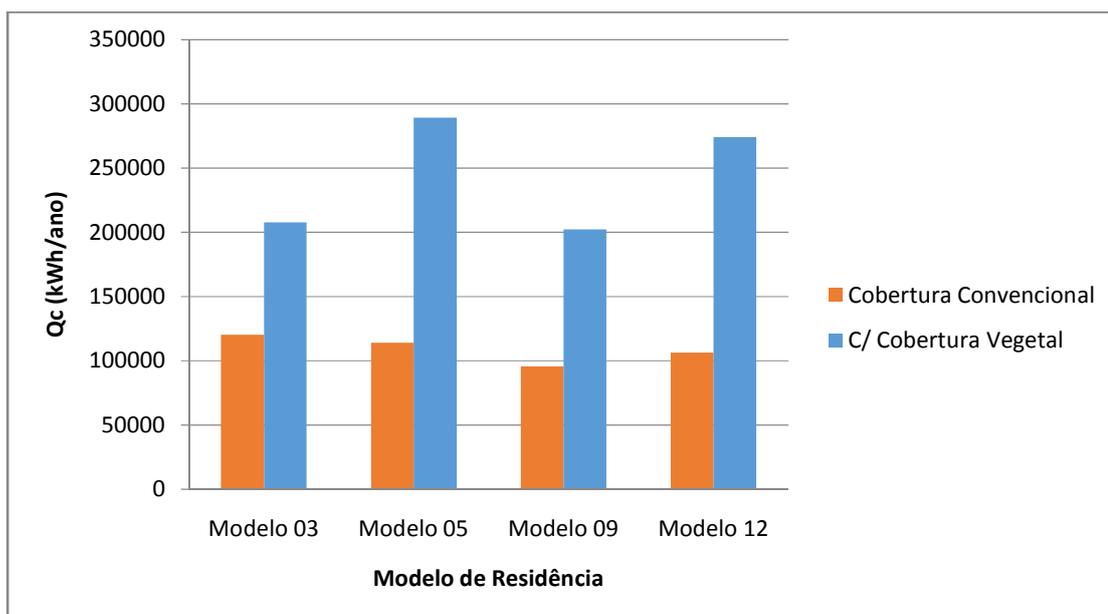


Figura 15: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25\text{ }^\circ\text{C}$.

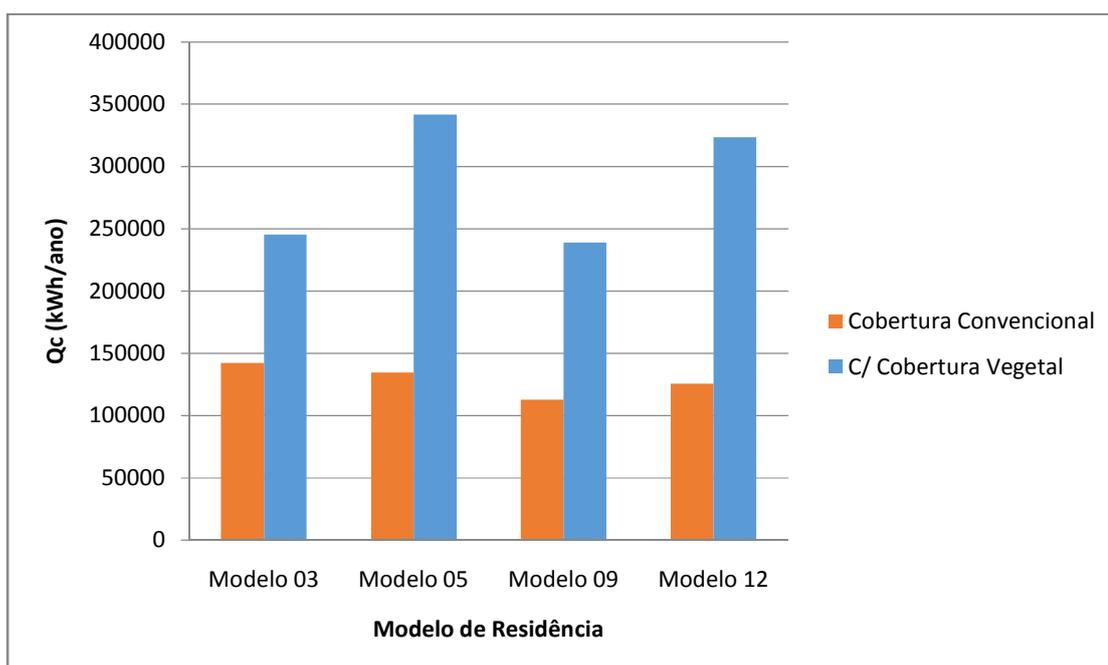


Figura 16: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24\text{ }^\circ\text{C}$.

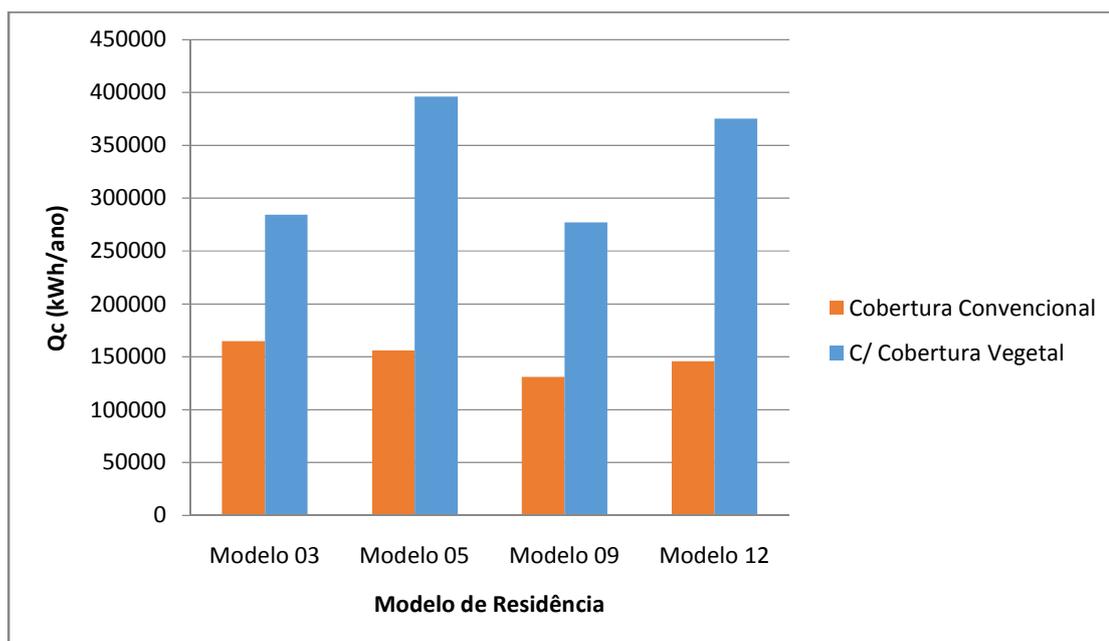


Figura 17: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23\text{ }^\circ\text{C}$.

As Figuras 15, 16 e 17 demonstram a ineficiência da cobertura vegetal sem isolamento claramente, que chega a casos com mais de 200% de diferença. O modelo 05 se demonstrou o mais prejudicado, e o que obteve um melhor rendimento entre as coberturas vegetais foi o Modelo 09, mas quando comparado com o modelo convencional não obteve nenhum sucesso. Observa-se também a diferença de energia requerida quanto à temperatura base definida, no caso quando $T_b = 25\text{ }^\circ\text{C}$ os valores foram menores, já quando $T_b = 23\text{ }^\circ\text{C}$ observa-se valores mais elevados.

As Figuras 18, 19 e 20 demonstram a comparação entre as coberturas convencionais e a cobertura verde entre as faixas de 22 a 20 $^\circ\text{C}$, onde se é analisado o modelo sem a cobertura verde e com a cobertura verde lado a lado. A cobertura verde neste caso se demonstra totalmente ineficiente, é necessário por tanto comparar este tipo de telhado com isolamento.

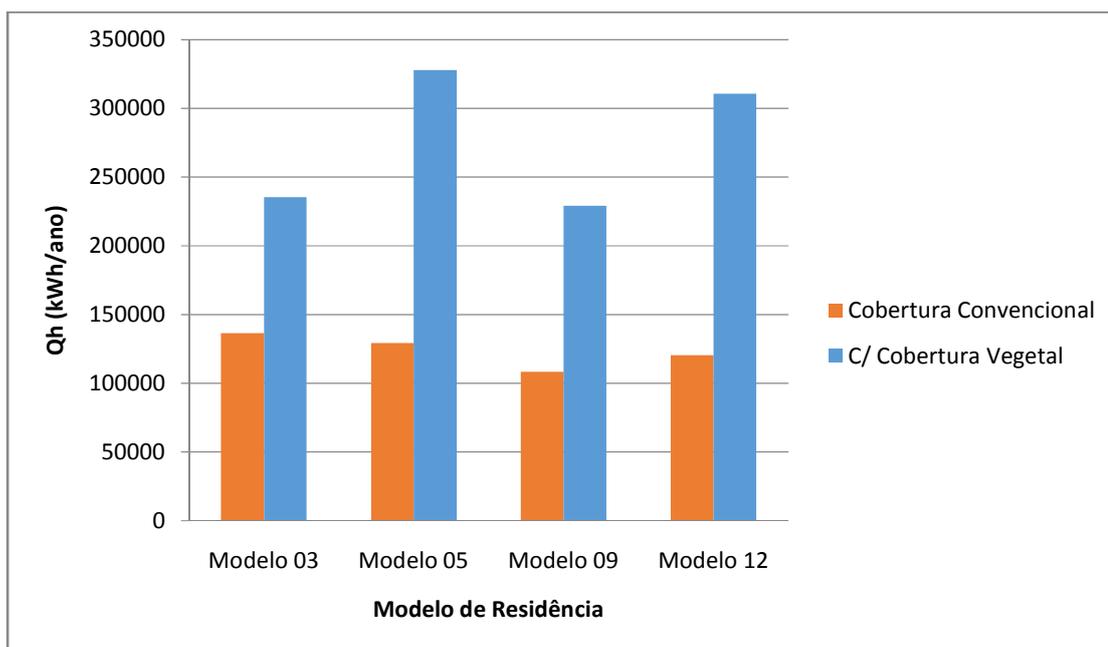


Figura 18: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22\text{ °C}$.

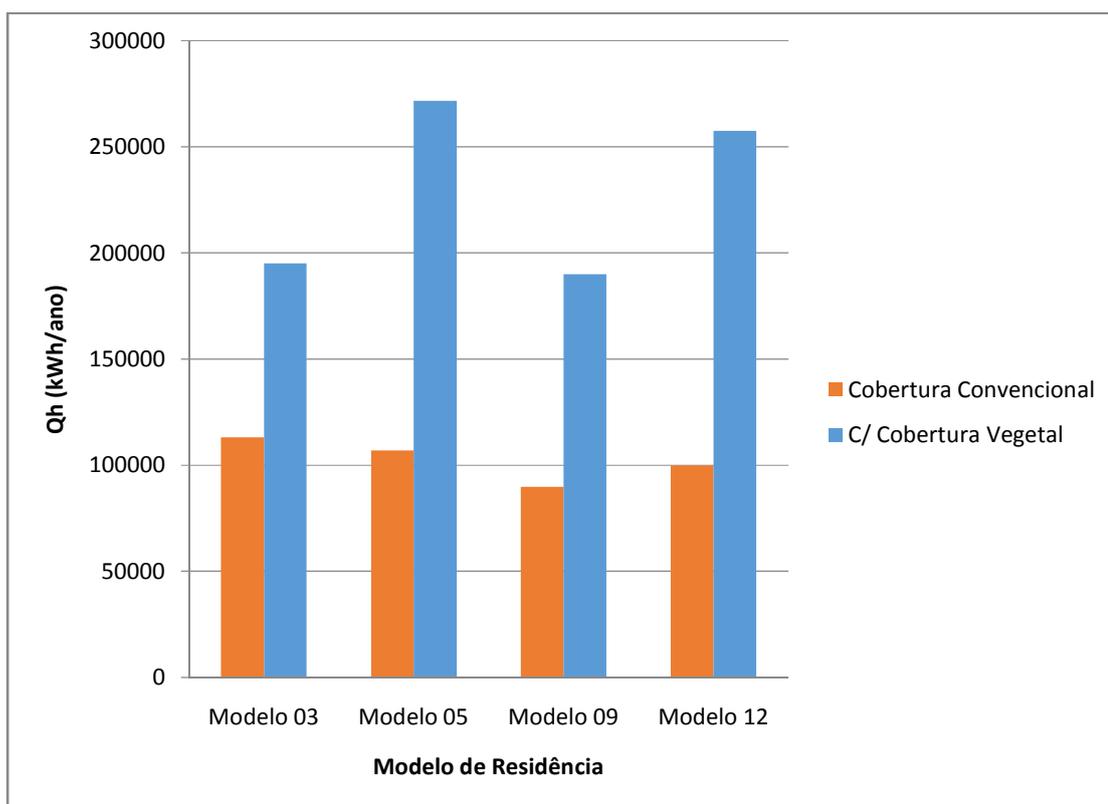


Figura 19: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21\text{ °C}$.

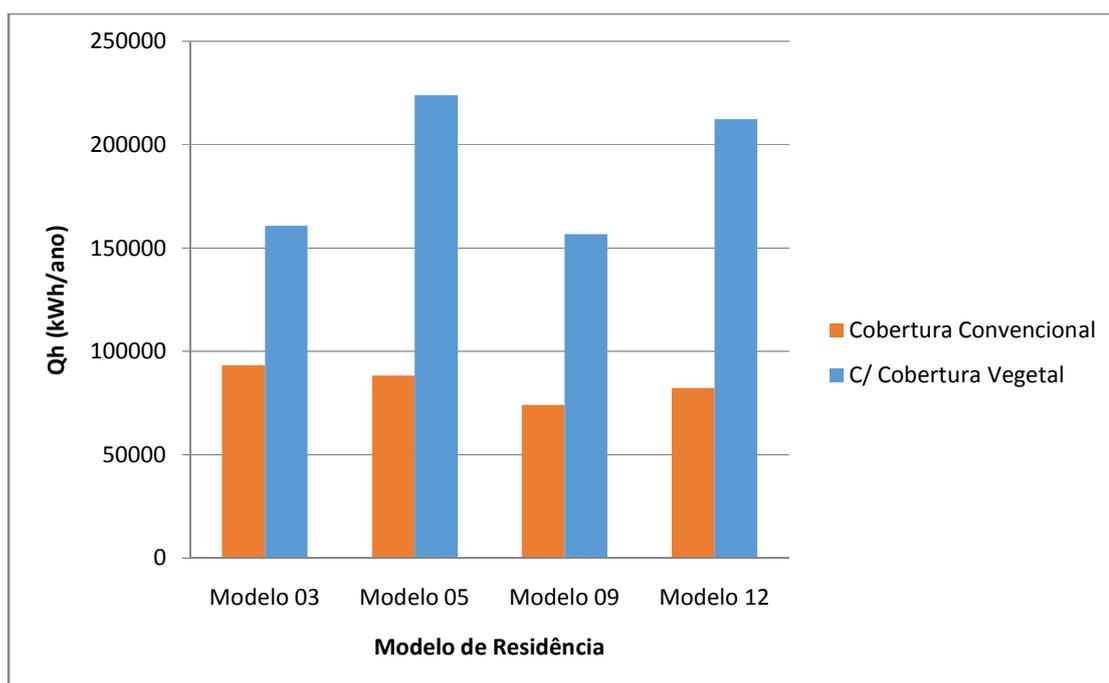


Figura 20: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20\text{ }^\circ\text{C}$.

As Figuras 18, 19 e 20 demonstram a ineficiência da cobertura vegetal sem isolamento claramente, que chega a alguns casos mais de 250% de diferença. O modelo 05 se demonstrou o mais prejudicado, e o que obteve um melhor rendimento entre as coberturas vegetais foi o Modelo 09, mas quando comparado com o modelo convencional não obteve nenhum sucesso. Observa-se também a diferença de energia requerida quanto à temperatura base definida, no caso quando $T_b = 20\text{ }^\circ\text{C}$ os valores foram menores, já quando $T_b = 22\text{ }^\circ\text{C}$ observa-se valores mais elevados.

4.2 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES COM ISOLAMENTO MODERADO.

Os resultados para este estudo são observados nas Figuras 21, 22 e 23, que demonstram graficamente um comparativo entre os modelos de residências e os resultados obtidos, para os três valores de temperatura base definido para

resfriamento. Lembrando que neste modelo considera-se um isolamento moderado, que possui 15 cm de laje, 5 cm de isolamento e 15 cm de laje.

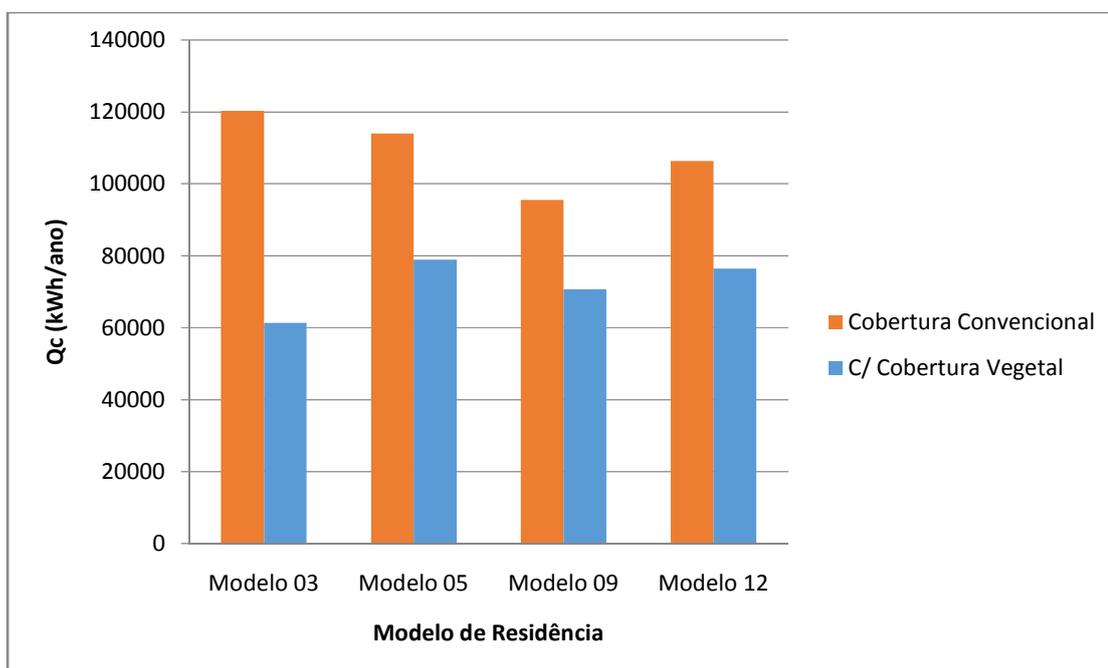


Figura 21: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25^\circ\text{C}$.

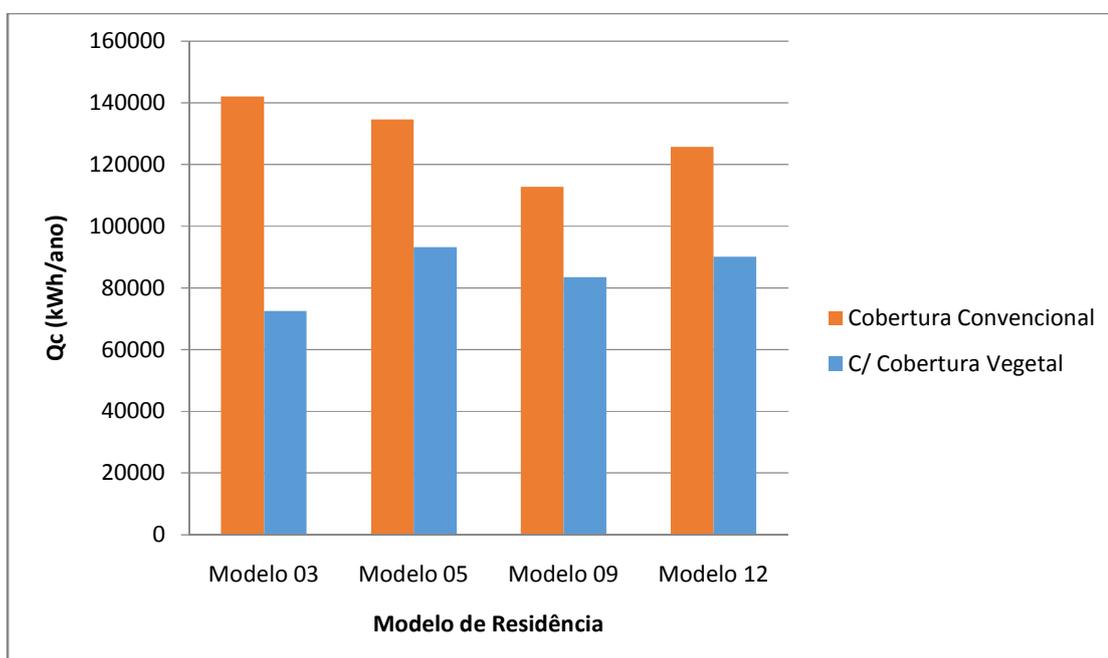


Figura 22: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24^\circ\text{C}$.

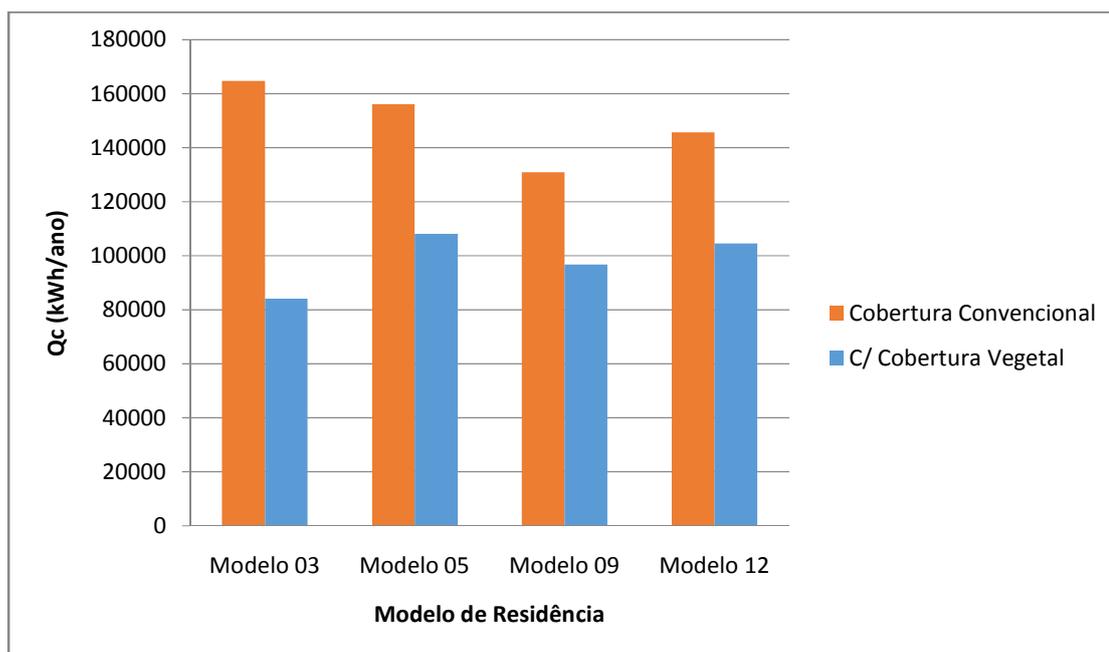


Figura 23: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23\text{ }^\circ\text{C}$.

Observa-se pelas Figuras 21, 22 e 23, que posteriormente quando se utilizava as coberturas convencionais propostos em cada modelo, o Modelo 09 obteve os melhores resultados de eficiência energética, e o Modelo 03 os piores resultados de eficiência, mas quando estes modelos foram estudados com as coberturas vegetais de isolamento moderado, os valores diminuíram. As eficiências dos modelos estudados são as seguintes: o melhor rendimento é do Modelo 03, seguido pelo Modelo 09, Modelo 12 e de pior rendimento o Modelo 05.

Algo a ser notado nos resultados, é que o valor do Modelo 03 obteve um decréscimo de aproximadamente 50%, sendo assim uma eficiência totalmente benéfica ao sistema adotado.

As Figuras 24, 25 e 26, demonstram graficamente um comparativo entre os modelos residências e os resultados obtidos, para os três valores de temperatura base definido para aquecimento.

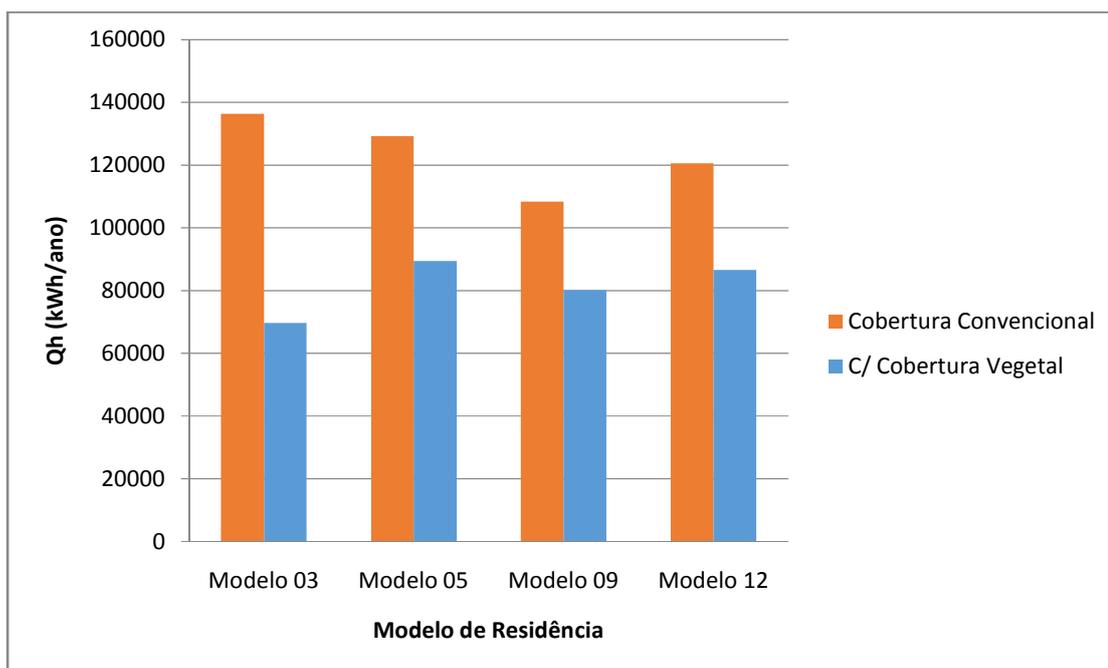


Figura 24: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

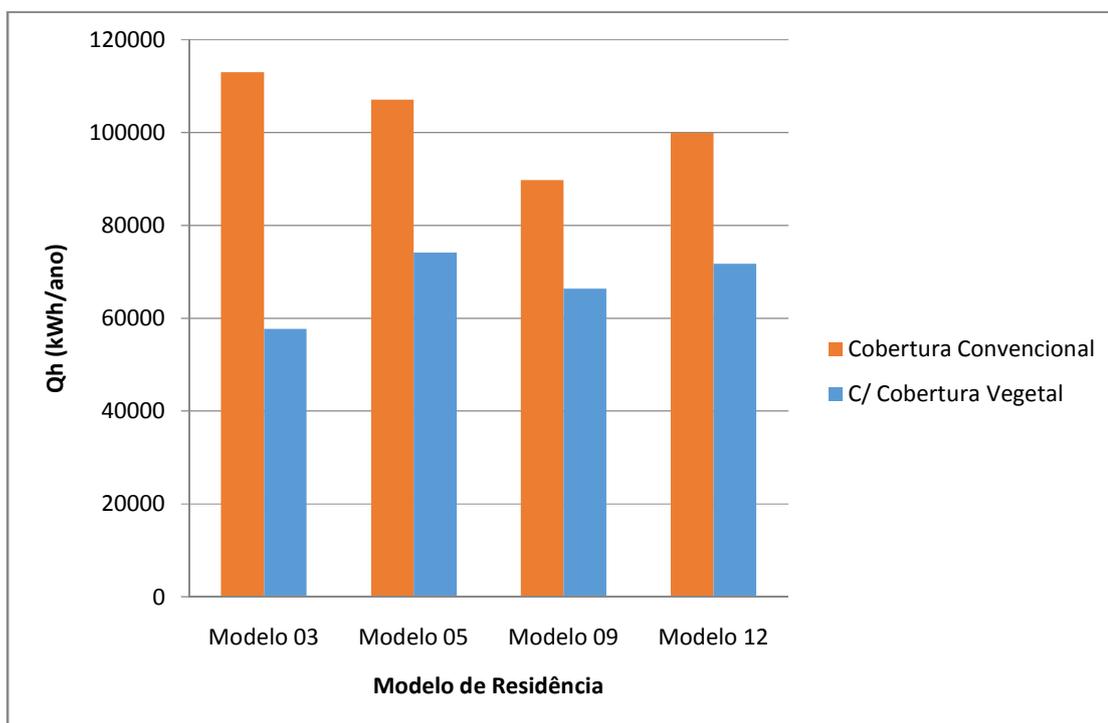


Figura 25: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

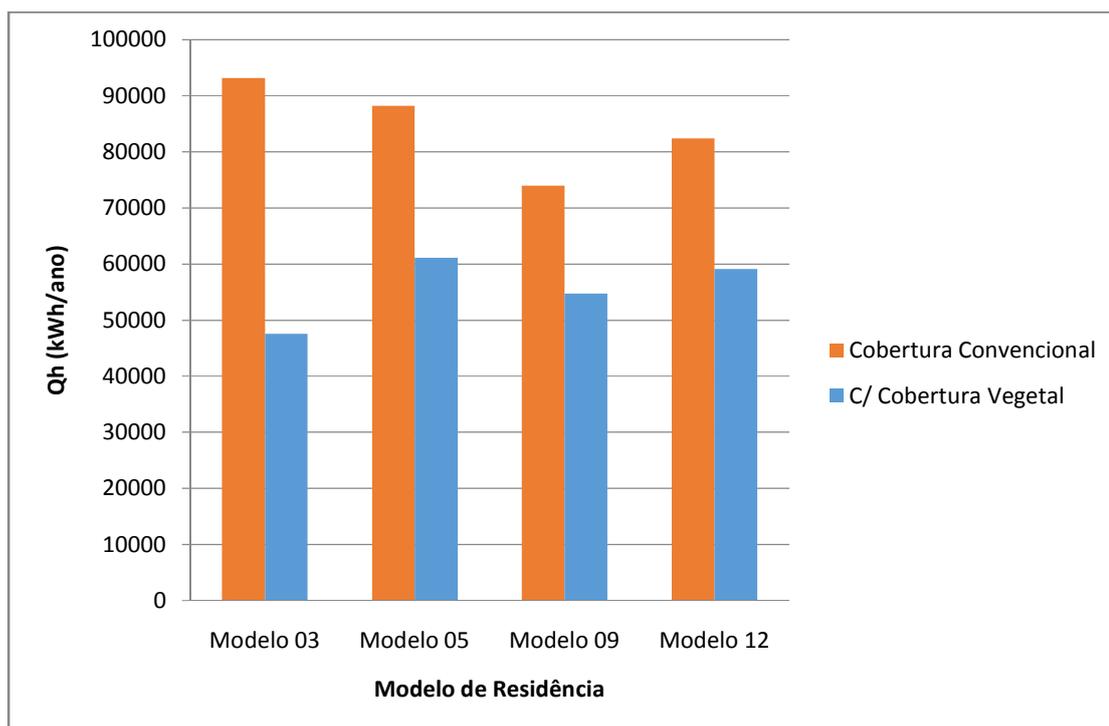


Figura 26: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20\text{ }^\circ\text{C}$.

Observa-se pelas Figuras 24, 25 e 26, que posteriormente quando se utilizava as coberturas convencionais propostos em cada modelo, o Modelo 09 obteve os melhores resultados de eficiência energética, e o Modelo 03 os piores resultados de eficiência, mas quando estes modelos foram estudados com as coberturas vegetais de isolamento moderado, os valores diminuíram. As eficiências dos modelos estudados são as seguintes: o melhor rendimento é do Modelo 03, seguido pelo Modelo 09, Modelo 12 e de pior rendimento o Modelo 05.

Algo a ser notado nos resultados, é que o valor do Modelo 03 obteve um decréscimo de aproximadamente 50%, sendo assim uma eficiência totalmente benéfica ao sistema adotado.

4.3 RESULTADOS PARA COBERTURAS VERDES FORTEMENTE ISOLADAS.

As Figuras 27, 28 e 29, demonstram graficamente um comparativo entre os modelos residências e os resultados obtidos, para os três valores de temperatura

base definido para resfriamento. Neste caso os telhados estão fortemente isolados, portanto se obtêm um isolamento de 15 cm de concreto, 10 a 15 cm de isolamento e 15 cm de concreto.

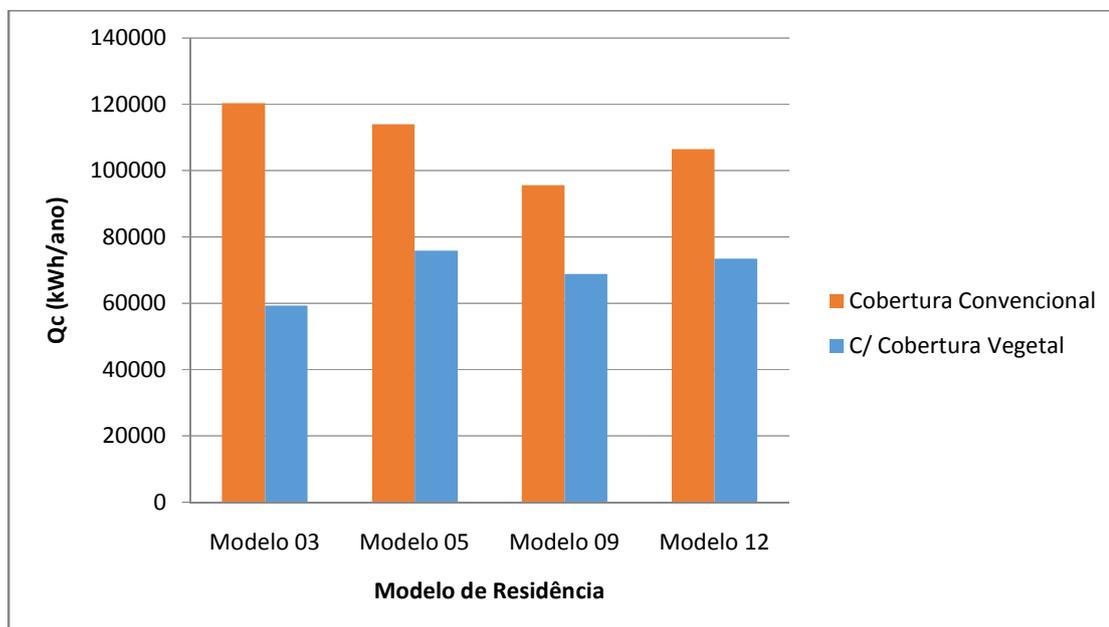


Figura 27: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=25\text{ }^\circ\text{C}$.

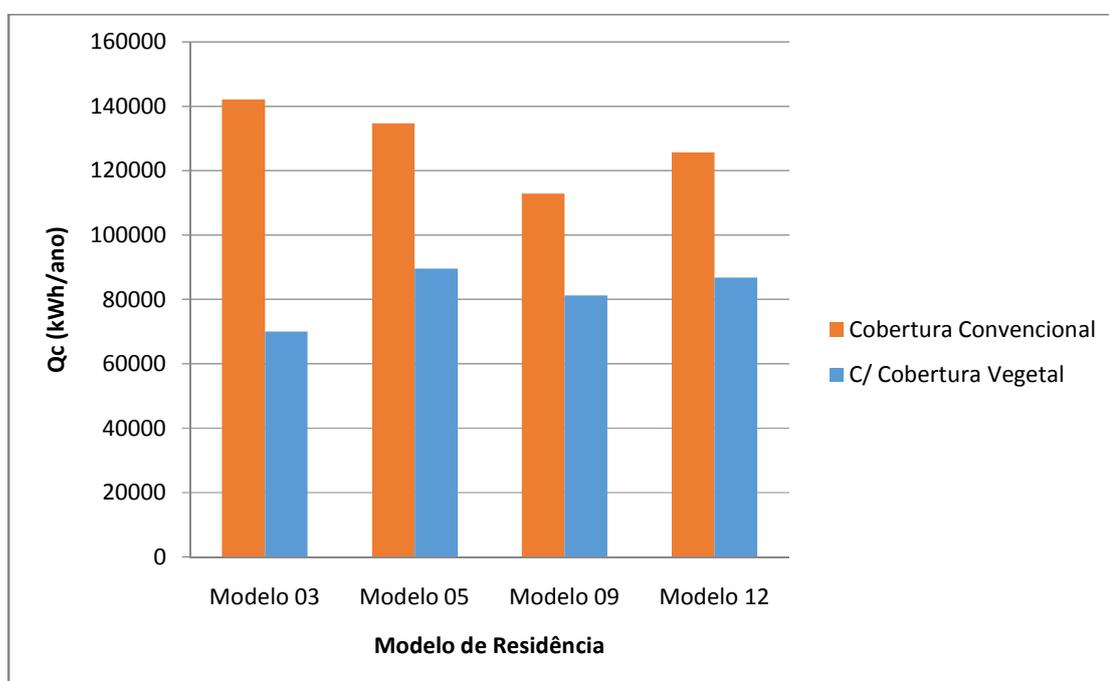


Figura 28: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=24\text{ }^\circ\text{C}$.

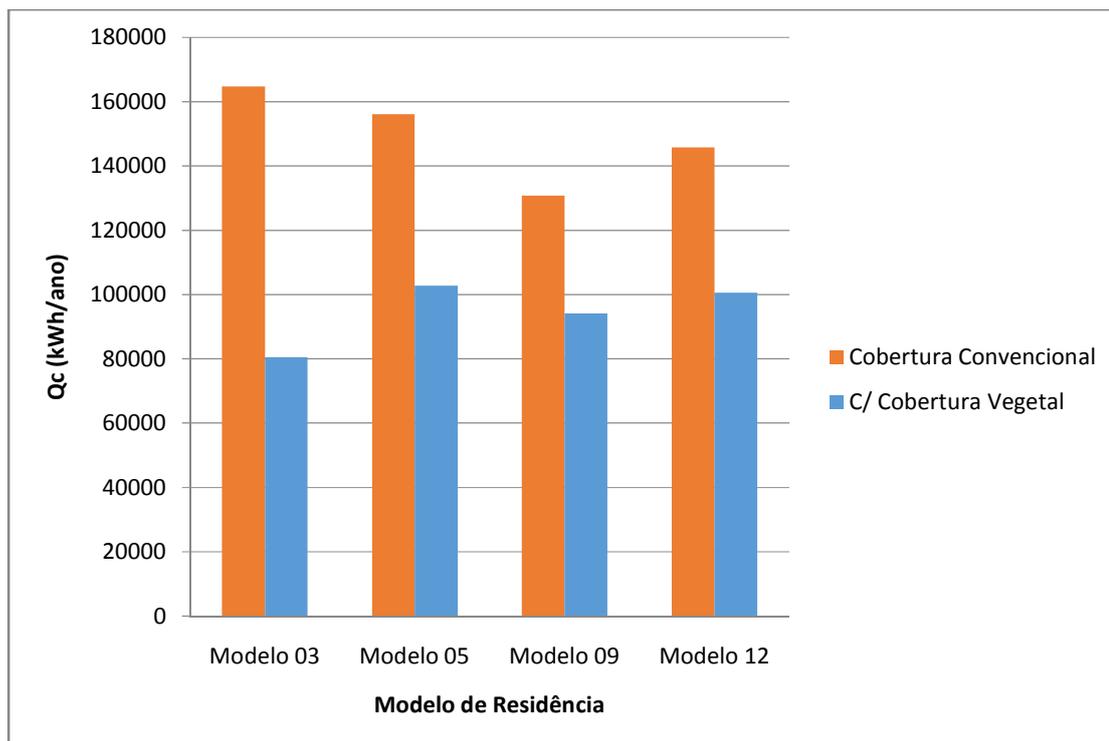


Figura 29: Quantidade de energia requerida para resfriamento quando $T_b=23\text{ }^\circ\text{C}$.

As Figuras 27, 28 e 29 comprovam a eficiência do tipo de cobertura proposto, pois a eficiência energética nos modelos é satisfatória para a economia de energia. O modelo 03 teve a melhor eficiência, onde posteriormente possuía a pior eficiência, o modelo 09 quando estudado em sua constituição convencional obteve os melhores desempenhos, mas quando analisado com telhados verdes seu desempenho teve uma pequena melhoria, fazendo-o como o segundo melhor modelo estudado. Os valores deste tipo de cobertura com o isolamento forte não divergiram significativamente com o isolamento moderado.

As Figuras 30, 31 e 32, demonstram graficamente um comparativo entre os modelos residências e os resultados obtidos, para os três valores de temperatura base definido para aquecimento.

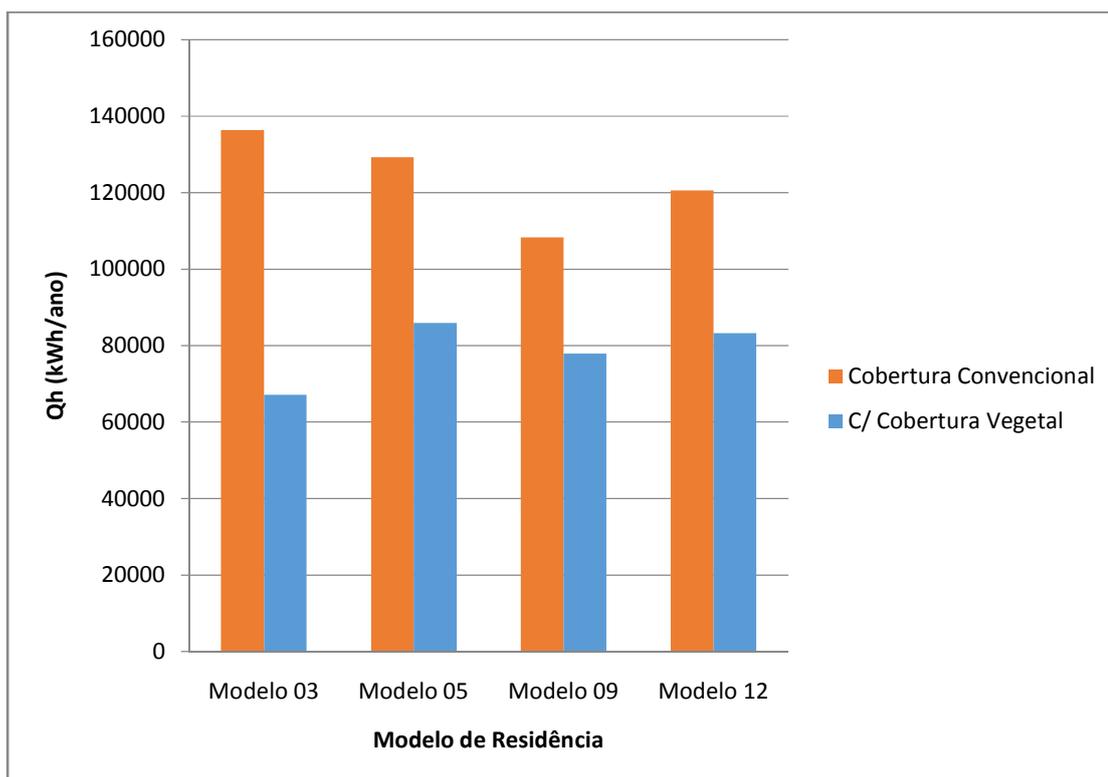


Figura 30: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=22\text{ °C}$.

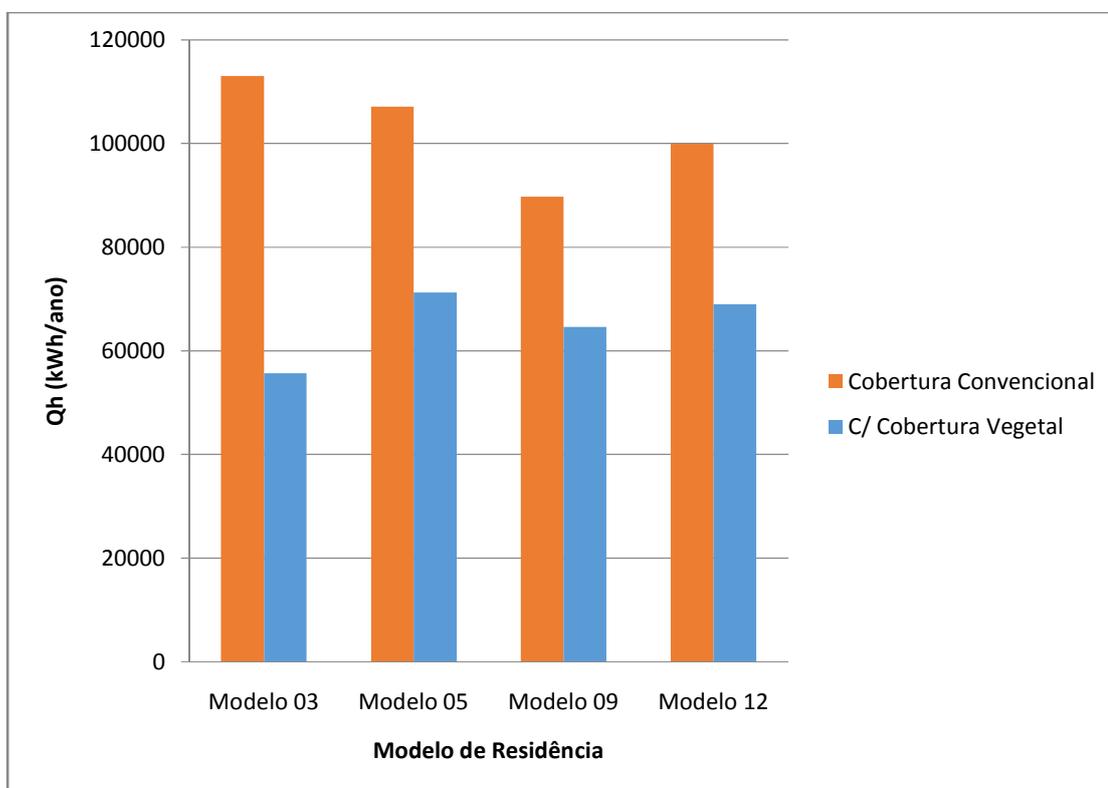


Figura 31: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=21\text{ °C}$.

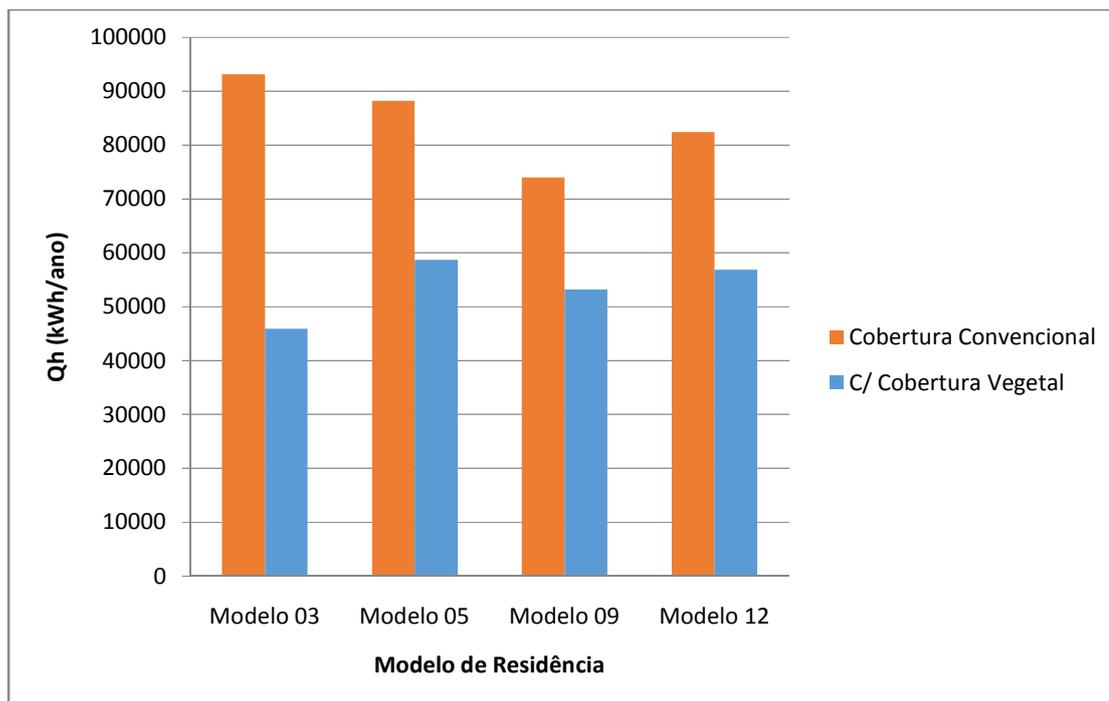


Figura 32: Quantidade de energia requerida para aquecimento quando $T_b=20\text{ }^\circ\text{C}$.

As Figuras 30, 31 e 32 comprovam a eficiência do tipo de cobertura proposto, pois a eficiência energética nos modelos é satisfatória para a economia de energia.

O modelo 03 teve a melhor eficiência, onde posteriormente possuía a pior eficiência, que neste caso obteve um rendimento de quase 60%, o modelo 09 quando estudado em sua constituição convencional obteve os melhores desempenhos, mas quando analisado com telhados verdes seu desempenho teve uma pequena melhoria, fazendo-o como o segundo melhor modelo estudado. Os valores deste tipo de cobertura sendo fortemente isolados não divergiram significativamente com o isolamento moderado.

5. CONCLUSÃO

A cobertura vegetal (telhado verde) na forma extensiva vem como uma nova alternativa no controle de troca térmica em residências, observou-se no estudo que sua presença retém em média de 20 a 60 % da transferência de calor do ambiente interno para o ambiente externo, quando utilizado algum tipo de isolamento, tanto moderado quanto fortemente isolado, sendo o fortemente isolado o modelo ideal, mas com seus resultados tendo pouca variância dos modelos isolados moderadamente.

Quando não há isolamento na cobertura, seu desempenho é relativamente baixo, portanto para real eficiência é necessário que o interessado procure um suporte técnico adequado.

O Modelo 03 se demonstrou promissor para o controle térmico, este obteve os melhores resultados para aquecimento e resfriamento, o qual no estudo elaborado por PASA, KOWALESKI e JUNIOR, acabou tendo as piores taxas de controle térmico, já o Modelo 09 com cobertura convencional foi o mais promissor entre os modelos estudados, porém com a Cobertura Vegetal não teve tanto efeito quanto no Modelo 03, e acabou se tornando a segunda melhor opção.

Sugere-se para trabalhos futuros, analisar a viabilidade econômica do projeto, estudar uma possibilidade de implantação de telhados verdes intensivos, calcular na prática o efeito real, pois, este é um modelo matemático.

Este trabalho demonstra uma importante visão que um engenheiro tem a obter em sua graduação, pois, o estudo de novas técnicas para favorecer a qualidade de vida, o auxílio a eficiência energética, e ao aquecimento global, são deveres do profissional.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 12721/2006 disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=forums&srcid=MDA4MjMzNzEyNzk0MDYyNDU0NTYBMDYwOTg4MTczODUxODA4ODg4MDYBSmk0U1NvVHlsNTBKATAuMwEBdjI>> acessado 03/04/2016
- ANEEL, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3ª .Edição. Brasília, 2008.
- BALDESSAR, Silvia MN. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012.
- BALTAR, Marta Garcia. **Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando ao conforto térmico**. 2006.
- BALTAR, Marta Garcia; KAEHLER, José Wagner Maciel; PEREIRA, Luís Alberto. Indústria da construção civil e eficiência energética. **Engenharia, Inovação e Desenvolvimento**, v. 2, p. 339-344, 2005.
- BLANCO, Karoline Cunha. **Coberturas verdes: aplicação como estratégia de mitigação de impacto ambiental em Brasília**. 2016.
- BELTRAN, J. Hacia un imaginario de desarrollo sostenible. En: A la búsqueda de ciudades sostenibles. Seminário especializado. Memórias. II **Encuentro Internacional Habitat, Colômbia: Editorial Guadalupe Ltda**, 1994.
- CARLO, Joyce Correna et al. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 2008.
- CHRISTENSON, M.; MANZ, H.; GYALISTRAS, D. Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. **Energy Conversion and Management**, v. 47, n. 6, p. 671-686, 2006.
- DA COSTA, Jefferson; COSTA, Anderson; POLETO, Cristiano. Telhado Verde: redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 49-55, 2012.
- DA SILVA AMARAL, Manuel António Pinto. **Sistemas de ventilação natural e mistos em edifícios de habitação**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade do Porto.
- DA SILVA, Isadora Mendes; GONZALEZ, Luciana Ruggiero; DA SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira. **Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano**.
- DA SILVA MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.
- DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE–Empresa. Balanço energético nacional 2014: ano base 2013. **Ministério de Minas e Energia**, 2014.
- DE MELLO, Guilherme Bissoli Pereira et al. Estudo da implantação de um telhado verde na Faculdade de Engenharia Mecânica. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 6, n. 2, 2011.

DINIZ, Marisa Fonseca. **Sustentabilidade e soluções verdes, 2013**. Disponível em: <<http://marisadiniznetworking.blogspot.com.br/2013/06/sustentabilidade-solucoes-verdes.html>> acesso em 21/05/2016>

DOMBAYCI, Ö. Altan. Degree-days maps of Turkey for various base temperatures. **Energy**, v. 34, n. 11, p. 1807-1812, 2009.

ETERNIT. **Conforto térmico**. São Paulo: ETERNIT. 1981. 12p. (Boletim, 110)

FARIAS, Wilian. **O telhado da sustentabilidade, 2011**; Disponível em: <<http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2011-10-22/imoveis/6125/O-TELHADO-DA-SUSTENTABILIDADE.html>> acessado em 23/03/2016

FERRAZ, Iara Lima. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, Petra Alexandra de Sousa Vaquero et al. **Sistemas de ventilação híbridos em edifícios: análise energética resultante da implementação de sistemas de ventilação inovativos**. 2012.

FIGUEIREDO, Cíntia Mara. **Ventilação natural em edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: limites e possibilidades do ponto de vista do conforto térmico**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIORELLI, Juliano et al. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 204-209, 2009.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

HOLTEDAHL, Pernille; JOUTZ, Frederick L. Residential electricity demand in Taiwan. **Energy economics**, v. 26, n. 2, p. 201-224, 2004.

IGRA, 2016. International Green Roof Association. Disponível em: <http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php> Acesso em: 25 de maio de 2016>

KOLB, Walter. Telhados de cobertura verde e manejo de águas pluviais. **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, v. 4, 2003.

KOMENO, Márcio Hissashi; KRÜGER, Eduardo L.; SPOSTO, Rosa Maria. **Avaliação do desempenho térmico de sistemas construtivos para habitação de interesse social com a utilização de equações preditivas**. 2003.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LOUREIRO, Kelly Cristina Gonçalves. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

MACIEL, Alexandra Albuquerque et al. Projeto Casa Eficiente: demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar. **ENCONTRO NACIONAL EM TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 6, p. 3392-3401, 2006.

MARENGO, Jose A.; VALVERDE, Maria C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 5-28, 2007.

MARTINAITIS, V.; BIEKSA, D.; MISEVICIUTE, V. Degree-days for the exergy analysis of buildings. **Energy and buildings**, v. 42, n. 7, p. 1063-1069, 2010.

MATOS, Michele. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

MAZON, Ana Amélia Oliveira; SILVA, Rodolfo Gonçalves Oliveira da; SOUZA, Henor Artur de. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 2, p. 179-184, 2006.

MENDES, Nathan et al. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, p. 47-68, 2005.

MENDONÇA, Francisco. Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, 2006.

MENDONÇA, Francisco. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica—notas introdutórias. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 205-221, 2015.

NIACHOU, A., PAKONSTANTINO, K., SANTAMOURIS, M., TSANGRASSOULIS, A., & MIHALAKAKOU, G.. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. **Energy and buildings**, v. 33, n. 7, p. 719-729, 2001.

NOVAIS, Jonathan Willian Zangeski et al. Comparação do Desempenho Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 13, n. 1, 2015.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico. **Rj: Universidade do Estado de Rio de Janeiro**, v. 87, 2009.

OHAMA, Y. **Recent progress in concrete-polymer composites**. *Advanced Cement Based Materials*, v.5, 1997.

PASA, Carine Cristiane Machado Urbim; JUNIOR, Aldo Braghini. **APLICAÇÃO DO MÉTODO GRAUS-DIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES**. 2010

PASA, Carine Cristiane Machado Urbim et al. Avaliação da eficiência energética em edificações e sua relação com os materiais construtivos empregados. **Revista Produção Online**, v. 12, n. 1, p. 229-247, 2012.

PATRO, Raquel. **Grama-esmeralda – Zoysiajapônica**, 2013. Disponível em: <<http://www.jardineiro.net/plantas/grama-esmeralda-zoysia-japonesa.html>> acessado 14/09/2016

PEREIRA, AmaroOlimpioet al. Energy in Brazil: Toward sustainable development?. **Energy policy**, v. 36, n. 1, p. 73-83, 2008.

ROCHA, Marcelo Theoto. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROSENTHAL, L. N.; NAKANDAKARI G. H.; **Análise Quantitativa da Aplicação do Telhado Verde em Edificações**. Disponível em: http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/BE310. Acessado em 01 de junho de 2016.

SAID, S. A. M.; HABIB, M. A.; IQBAL, M. O. Database for building prediction in Saudi Arabia. **Energy Conversion & Management**, n. 44, p. 191 – 201, 2003.

SAILOR, David J.; ELLEY, Timothy B.; GIBSON, Max. Exploring the building energy impacts of green roof design decisions—a modeling study of buildings in four distinct climates. **Journal of Building Physics**, v. 35, n. 4, p. 372-391, 2012.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, IJO da. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 1-7, 1994.

SILVA, Cristina M.; GOMES, M. Glória; SILVA, Marcelo. Green Roofs Energy Performance in Mediterranean Climate. **Energy andBuildings**, 2016.

SORGATO, Marcio José. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

SORGATO, Marcio José., Melo, Ana Paula, Marinoski, Devis Luís, & Lamberts, Roberto. (2014). Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.

SOUZA, Valéria Moraes Balduino de. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações: estudo de caso em Goiânia: clima tropical de altitude**. 2010.

WANGPATTARAPONG, Kiattipornetal. The impacts of climatic and economic factors on residential electricity consumption of Bangkok Metropolis. **Energy andBuildings**, v. 40, n. 8, p. 1419-1425, 2008.