ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

O DESEMPENHO ENERGÉTICO DAS ENVOLTÓRIAS NAS EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM VITÓRIA-ES



BILÓ BRUNELLI, Lucas
(lucasbbrunelli96@gmail.com)
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

APARECIDA NICO RODRIGUES, Edna
(edna.rodrigues@ufes.br)
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Desempenho energético, envoltória, edificações residenciais, materiais sustentáveis.

RESUMO

Em 1950, apenas 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, uma proporção que cresceu para 55% em 2018, e para 2050, a expectativa é de que 68% da população mundial seja urbana. Um dos principais componentes das cidades, as edificações têm sido responsáveis por grande parte dos problemas ambientais atualmente, isso devido à energia que alimenta os edifícios e as atividades desenvolvidas dentro deles. O objetivo desta pesquisa foi avaliar de forma comparativa a influência de 3 diferentes sistemas de envoltórias – fachada em emboço pintado e sem sombreador (usual); fachada com revestimento cerâmico com sombreador (de uso eventual); e fachada ventilada com sombreador (raramente utilizado) – no desempenho energético de uma edificação na cidade de Vitória-ES, quando comparado com os valores de referência indicados pelo PBE Edifica (2017) em Graus Hora de Resfriamento (GHR) e Consumo Relativo de Refrigeração (CR) para esta cidade. A metodologia foi definida a partir de 4 etapas: 1) Avaliação do crescimento imobiliário na Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV; 2) Definição e caracterização da tipologia selecionada para estudo de caso no bairro de maior crescimento; 3) Simulação computacional; e 4) Análise dos resultados. Observou-se que a fachada ventilada apresentou os melhores resultados com uma diminuição que chegou a 12658,92 graus-horas de resfriamento e 125,02 kW/h a menos ao longo de todo ano.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está se tornando cada vez mais urbanizado. Em 1950, apenas 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, uma proporção que cresceu para 55% em 2018, e para 2050, a expectativa é de que 68% da população mundial seja urbana (UNITED NATIONS, 2018). Estima-se, que poderá haver um aumento de 2,5 bilhões de pessoas nas cidades até 2050, devido a isso, é fundamental criar cidades de baixo carbono, resilientes e habitáveis. As cidades não apenas contribuem para as mudanças climáticas globais emitindo a maioria dos gases de efeito estufa, mas também são particularmente vulneráveis aos efeitos das alterações climáticas e do clima extremo (KAMMEN; SUNTER, 2016).

Além dos problemas oriundos das mudanças climáticas, perto da metade dos habitantes urbanos do mundo residem em cidades com menos de 500.000 habitantes, enquanto cerca de um em cada oito vive em 33 megacidades com mais de 10 milhões de habitantes. A expectativa é de que até 2030, o mundo terá 43 megacidades, sendo a maioria delas em países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2018b). Nestas circunstâncias, reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono provenientes dos edifícios é um aspecto de extrema importância para o desenvolvimento sustentável das novas edificações que serão construídas para suprir esta acelerada urbanização (PAN; PAN, 2018).

Com relação a emissão de gases causadores do efeito estufa, o setor da construção civil deve ser o principal alvo para mitigação na emissão desses gases, tendo em vista que esse setor representa 36% do uso final de energia e 39% das emissões de dióxido de carbono (CO_2) relacionadas a energia e processos em 2018 (GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, 2019). Neste contexto, os edifícios se apresentam como um elemento crítico para um futuro de baixo carbono, e um desafio global para a integração com o desenvolvimento sustentável (FLORESLARSEN; FILIPPÍN; BAREA, 2019).

Sendo um dos principais componentes das cidades, as edificações têm sido responsáveis por grande parte dos problemas ambientais atualmente, isso devido à energia que alimenta os edifícios e as atividades desenvolvidas dentro deles. Estima-se, que a indústria da construção civil é responsável por consumir mais de 32% dos recursos naturais do planeta, 25% da água, 40% da energia, gerar mais de 25% dos resíduos sólidos e emitir cerca de 35% do total dos gases de efeito estufa globalmente (YEHEYIS *et al.*, 2013; SOUST-VERDAGUER; LLATAS; GARCÍA-MARTÍNEZ, 2017). O valor absoluto do consumo de energia do setor de construção era, em 2010, em torno de 23,7 PWh, e de acordo com o cenário de referência da Agência Internacional de Energia, pode chegar a 38,4 PWh em 2040 (INTERNATIONAL..., 2013).

Ainda em 2012, o setor da construção civil foi classificado como o maior consumidor de energia, representando cerca de 30 a 40% do consumo mundial (UNITED NATIONS, 2018), sendo que aproximadamente 80% do consumo energético ocorre ao longo da vida útil das edificações. No Brasil, apenas o setor residencial é responsável por 21,5% do consumo energético, ficando atrás somente do setor industrial, que representa 31,8% do consumo total de energia (BALANÇO..., 2018). A maior

parte do aumento deste consumo de energia é proveniente dos edifícios, e está associado a atividades do setor econômico terciário e usuários residenciais. Com o crescimento populacional, a demanda por energia e por novos edifícios está aumentando cada vez mais (ZUO; ZHAO, 2014; SANTAMOURIS, 2016).

Estima-se que em 2010, os edifícios representavam 32% do uso total de energia global (32,4 PWh), dos quais 24% eram provenientes de edifícios residenciais (24,2 PWh) e 8% de edifícios comerciais (8,2 PWh). Dados sobre o uso de energia global demonstram um aumento generalizado em inúmeros países, no entanto, nos países em desenvolvimento esse crescimento é ainda mais impactante, com um aumento médio anual de 2,2% na última década (INTERNATIONAL..., 2015). Avaliando as tendências globais do consumo de energia, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014) relatou que, em comparação aos níveis de 2010, a demanda de energia apenas para aquecimento e resfriamento de edifícios residenciais e comerciais – considerando as prováveis mudanças climáticas – pode chegar até 2050 a 179 e 183%, respectivamente.

O crescimento da população, a necessidade do aumento dos níveis de conforto, a popularização dos equipamentos dependentes de energia e, principalmente, o desenvolvimento do setor da construção, indicam que a tendência ascendente na procura de energia continuará crescendo. Com isso, torna-se fundamental o desenvolvimento de ações efetivas que auxiliem na eficientização do consumo energético e na solução dos problemas climáticos, haja vista que o setor energético é responsável por mais da metade das emissões mundiais de CO_2. (INTERNATIONAL..., 2015).

Sendo assim, o aumento da eficiência energética das edificações pode ser considerado também como uma estratégia primordial na mitigação dos impactos ambientais provenientes da ação do dióxido de carbono. Neste contexto, a melhoria no desempenho energético das edificações é uma das formas mais simples, imediatas e econômicas para reduzir o consumo de energia de um país através da adoção de praticas sustentáveis (ZHANG, *et al.*, 2015).

Além disso, Lamberts, Dutra e Pereira (2014), enfatizam a necessidade da implementação de práticas sustentáveis e soluções efetivas nas edificações, considerando as peculiaridades locais, possibilitando a construção de edifícios energeticamente eficientes. Caso contrário, até 2035 a demanda global por energia poderá crescer mais de um terço em comparação com o nível de consumo atual, e a maior parcela deste aumento será proveniente de países em desenvolvimento (INTERNATIONAL..., 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar de forma comparativa a influência de 3 diferentes sistemas de envoltórias no desempenho energético de uma edificação na cidade de Vitória-ES, quando comparado com os valores de referência indicados pelo PBE Edifica (2017) em Graus Hora de Resfriamento (GHR) e Consumo Relativo de Refrigeração (CR) para esta cidade.

3. MÉTODO

A metodologia foi definida a partir de 4 etapas: 1) Avaliação do crescimento imobiliário na Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV; 2) Definição e caracterização da tipologia selecionada para estudo de caso no bairro de maior crescimento; 3) Simulação computacional; e 4) Análise dos resultados.

3.1 CRESCIMENTO IMOBILIÁRIO ENTRE 2002 A 2017 NA RMGV

Na primeira etapa, foi realizado o levantamento dos empreendimentos entregues entre janeiro de 2002 (período de construção após o denominado "Apagão" de 2001) e julho de 2017 (ano do último censo) nas cidades de Vitória, Vila Velha, Serra, Cariacica e Viana, utilizando como base os censos imobiliários fornecidos pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo (SINDICATO..., 2017). Ressalta-se que o recorte a partir de 2002 foi estabelecido considerando que a crise energética de 2001 poderia ter alavancado um processo de busca de soluções mais eficientes para as edificações, visto o perceptível desequilíbrio nacional entre produção, distribuição e demanda energética.

As tipologias analisadas foram os empreendimentos residenciais multifamiliares, comerciais (salas comerciais com ou sem pavimento de lojas) e mistos (residenciais com salas e/ou lojas), com área construída superior a 800m^2. Foram excluídos os empreendimentos hoteleiros, *shoppings centers*, e empreendimentos não comercializáveis, como sedes de empresas ou edifícios públicos (SINDICATO..., 2017). Com base neste levantamento, contabilizou-se o número de empreendimentos entregues entre 2002 e 2017 na RMGV sendo selecionado o bairro que apresentou o maior número de empreendimentos construídos nesse período entre as cinco cidades.

3.1.1 Empreendimentos construídos e entregues na RMGV no período analisado

A pesquisa contabilizou um total de 525 empreendimentos construídos e entregues entre os anos de 2002 e 2017, dos quais, 14 foram em Cariacica, 244 em Vitória, 189 em Vila Velha e 78 na Serra. Na cidade de Vitória, destacam-se os bairros de Jardim Camburi com 98 empreendimentos – o de maior número de empreendimentos na RMGV –, seguido por Jardim da Penha e Praia do Canto com 42 e 34 empreendimentos, respectivamente. Em Vila Velha, cidade com o segundo maior número de empreendimentos, a Praia da Costa apresentou 95 empreendimentos – o segundo bairro com maior número de empreendimentos –, seguida por Itapuã com 37 e Praia de Itaparica com 35. Na cidade da Serra, os bairros de Laranjeiras com 14 empreendimentos e Colina de Laranjeiras com 13, foram os bairros que se destacaram. Já Cariacica, apresentou os resultados mais modestos, tendo o bairro de Campo Grande com 6 empreendimentos construídos e Santa Bárbara com 4

(Figura 1). Ressalta-se, que a cidade de Viana não aparece nos gráficos devido ao fato de ter sido contabilizado apenas um empreendimento dentro dos critérios de seleção estabelecidos.

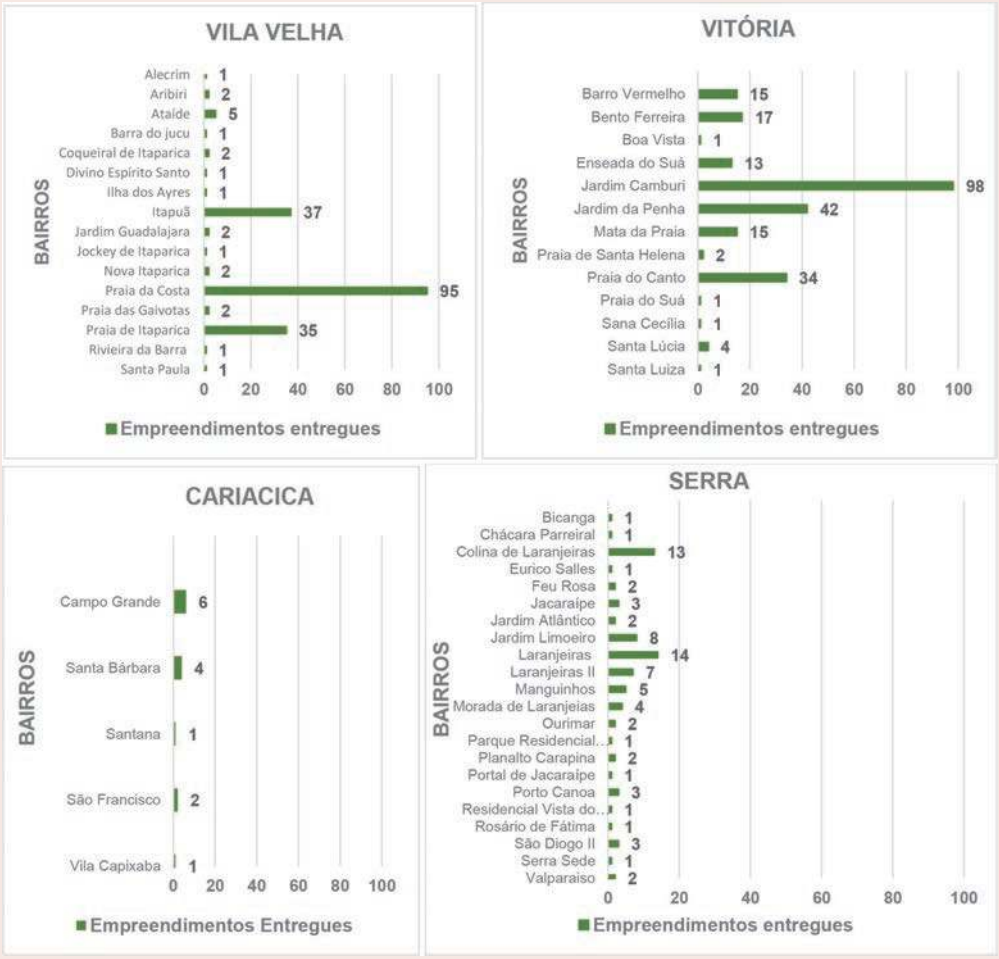


Figura 1. Levantamento imobiliário na Região Metropolitana da Grande Vitória entre os anos de 2002 a 2017.

3.2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA ADOTADA NO BAIRRO DE MAIOR DESTAQUE

Como demonstrado anteriormente, Jardim Camburi foi o bairro com maior crescimento imobiliário na RMGV entre os anos de 2002 e 2017. Com isso, selecionou-se uma tipologia dentro das que foram levantadas para ser utilizada como estudo de caso. Os dados levantados apontaram uma padronização construtiva encontrada nos empreendimentos entregues nos últimos anos na região de estudo. A tipologia arquitetônica escolhida para avaliação é uma edificação residencial multifamiliar, composta por 10 pavimentos e 54 unidades habitacionais. O pavimento tipo da edificação (Figura 2) é composto por seis unidades com dois dormitórios cada, sendo um suíte. Possui uma circulação horizontal que divide o plano em dois

lados. Todas as unidades internas são compostas de sala, cozinha, área de serviço, área técnica, varanda, dois banheiros e dois quartos.



Figura 2. Planta baixa pavimento tipo e apartamento analisado.

Fonte: Os autores, 2021.

Quanto à envoltória da edificação, suas aberturas e fechamentos translúcidos foram dispostos em três fachadas diferentes. Nos ambientes de longa permanência como salas e dormitórios, as janelas foram padronizadas em 1,2m x 1,2m x 1,1m (largura x altura x peitoril), compostas por quadros em alumínio e panos de vidro incolor, e nenhuma das aberturas nas fachadas possuem elementos sombreadores para proteção solar. Quanto ao revestimento externo, sua composição é basicamente reboco e pintura clara, e para cobertura foram usadas telhas de fibrocimento embutidas pelas platibandas. As lajes dos pavimentos foram executadas em concreto protendido. As paredes são compostas de bloco estrutural, seu acabamento interno é em reboco com gesso e na parte externa possui reboco paulista e pintura.

3.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para a realização das simulações, utilizou-se o software EnergyPlus (ENERGYPLUS, 2019) e foi adotado o apartamento tipo 01, localizado no quinto pavimento da edificação (Figura 3) como estudo de caso. Essa localização em altura foi definida para que o resultado da simulação não sofresse interferência da cobertura ou do piso no térreo, ficando assim numa situação de maior repetição na edificação.

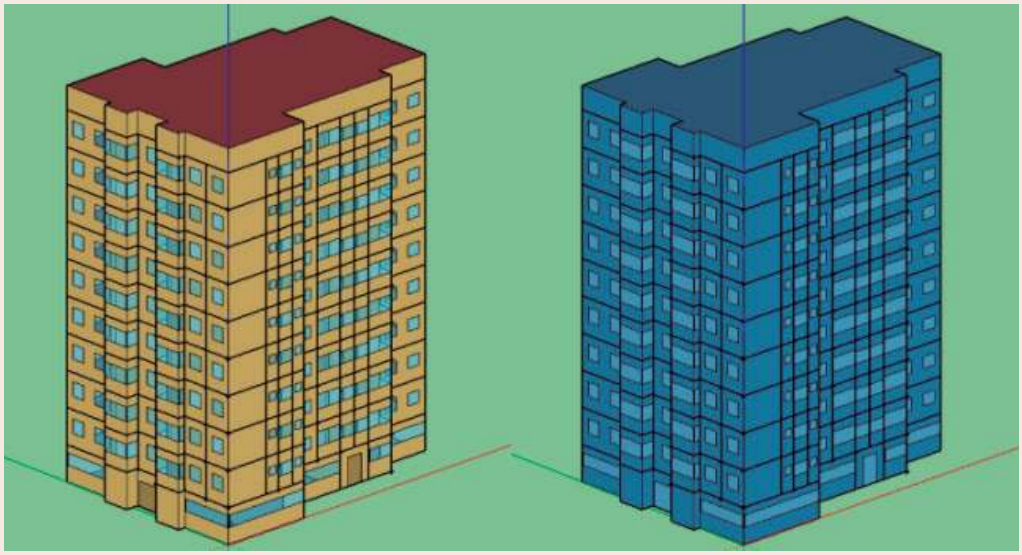


Figura 3. Volumetria do edifício modelado no Sketchup com a extensão do Open Studio.

Para a inserção dos dados climáticos, foi utilizado como base os dados da ASHRAE 55 adaptado para as condicionantes da realidade brasileira e para cidade de Vitória – ES, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Já o cronograma de ocupação do apartamento (Tabela 1 e 2) foi definido com base nas recomendações estabelecidas pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (2012).

Padrão de ocupação - DIAS DE SEMANA																								
Ambiente	Horário (horas) e Ocupação (%)																							
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Dormitórios	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%
Sala	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	25%	25%	25%	100%	50%	50%	0%	0%

Tabela 1. Padrão de ocupação nas áreas de permanência prolongada para os dias de semana.

Padrão de ocupação - FINAIS DE SEMANA																								
Ambiente	Horário (horas) e Ocupação (%)																							
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Dormitórios	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%
Sala	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	75%	0%	75%	50%	50%	50%	25%	25%	50%	50%	0%	0%

Tabela 2. Padrão de ocupação nas áreas de permanência nos finais de semana.

Os dados referentes aos materiais utilizados na edificação foram inseridos seguindo os padrões de valores apresentados na Tabela 3. A edificação em estudo possui paredes compostas de blocos de concreto estrutural, sendo o interior com acabamento de reboco em argamassa de gesso e o exterior argamassa de emboço e pintura (Figura 4).

Parâmetros dos materiais						
Materiais	**Espessura equivalente (cm)**	**Condutividade térmica (W/m.K)**	**Densidade equivalente (Kg/m³)**	**Calor especifico (KJ/Kg.K)**	**Resistencia térmica (M².KW)**	**Absorbância (α)**
Gesso	2.00	0.35	750.00	0.84	-	-
Bloco de concreto	9.00	1.75	2400.00	1.00	-	-
Argamassa de emboço pintada	2.50	1.15	2000.00	1.00	-	0.45 (areia)
Laje plana pós tensionada	18.00	1.75	2200.00	1.00	-	-
Telha de fibrocimento	0.70	0.95	1900.00	0.84	-	0.65
Esquadrias	Esquadrias em alumínio e vidro translúcido 3mm para janelas e 6mm para portas,					

Tabela 3. Parâmetros dos materiais construtivos para simulações.
Fonte: Adaptado pelos autores de ABNT (2005b); Dornelles (2008); Ordenes *et al.* (2003).

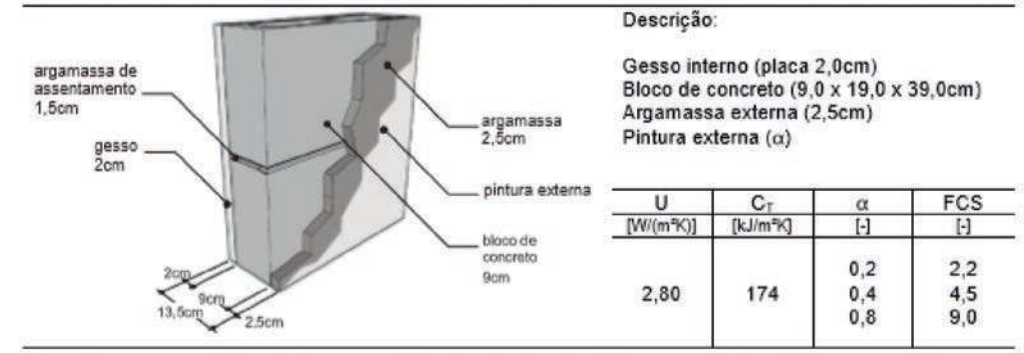


Figura 4. Propriedade dos materiais de composição das paredes da edificação.
Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia– INMETRO (2013).

Quanto ao uso de equipamentos utilizados no apartamento (Tabela 4), baseou-se nos dados do PROCELINFO (2017). Para as simulações considerou-se que todos os equipamentos tiveram consumo constante durante todo o ano. Sendo assim, os equipamentos consomem em média 86,0 kWh, 100,6 kWh e 162,7 kWh para consumo mínimo, médio e máximo respectivamente.

EQUIPAMENTO	POTENCIA (W)*	DIAS ESTIMADOS DE USO / MÊS*	MÉDIA DE UTILIZAÇÃO POR DIA (HORAS)			CONSUMO MÉDIO MENSAL (KWH)		
			MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
Geladeira	79,00	30,00	24,00	24,00	24,00	56,88	56,88	56,88
Freezer vertical/horizontal	66,04	30,00	0,00	0,00	24,00	-	-	47,55
TV em cores - 40"	83,00	30,00	2,50	3,75	5,00	6,23	9,34	12,45
Aparelho de som	110,00	20,00	1,50	2,25	3,00	3,30	4,95	6,60
Ferro elétrico	600,00	12,00	0,50	0,75	1,00	3,60	5,40	7,20
Lavadora de roupas	146,67	12,00	0,50	0,75	1,00	0,88	1,32	1,76
Computador	63,00	30,00	4,00	6,00	8,00	7,56	11,34	15,12
Forno micro-ondas	1.398,00	30,00	0,17	0,25	0,33	6,99	10,49	13,98
Liquidificador	213,33	15,00	0,13	0,19	0,25	0,40	0,60	0,80
Batedeira	150,00	8,00	0,17	0,25	0,33	0,20	0,30	0,40
TOTAL CONSUMO MENSAL DOS EQUIPAMENTOS (KWH)						86,04	100,61	162,74

Tabela 4. Consumo mensal dos equipamentos por faixa de consumo.

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia– INMETRO (2013).

Para informações referentes à geolocalização do modelo, não foi adotado uma localização real para a edificação no bairro de Jardim Camburi. Por se tratar de um modelo de tipologia, foram realizadas simulações orbitando o mesmo para as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste. Os dados obtidos com as simulações referentes à eficiência energética da tipologia arquitetônica adotada foram comparados com os dados apresentados na Tabela 5 para a região de Vitória, segundo o PBE Edifica (2017). Por se tratar de uma tipologia residencial, para efeito de simulação, foram considerados todos os dias do ano como ocupados.

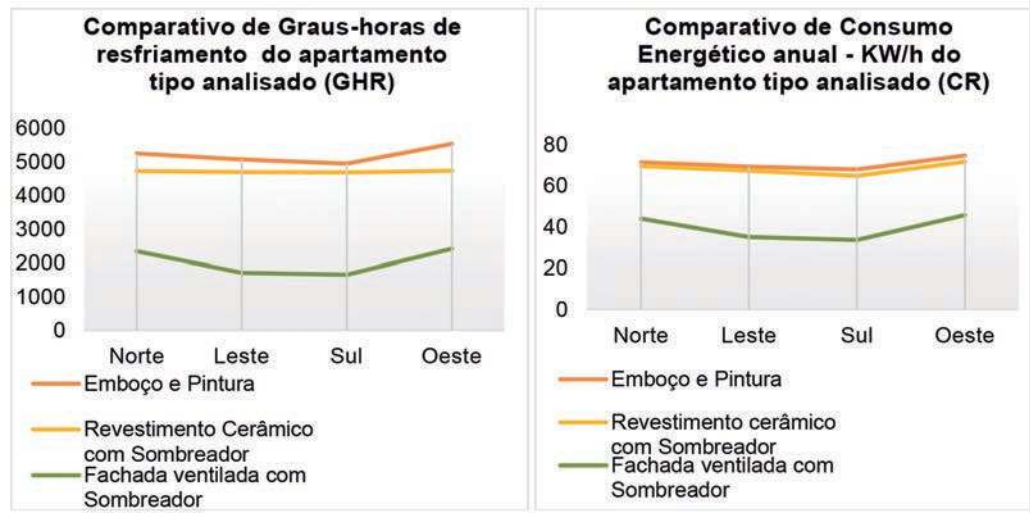
Eficiência	EqNum	GHR (horas)			CR (kWh/m².ano)		
A	5,00		GHR ≤	1847,60		CR ≤	35,13
B	4,00	1848	< GHR ≤	3895,27	35,126	< CR ≤	53,58
C	3,00	3895	< GHR ≤	5404,81	53,578	< CR ≤	75,24
D	2,00	5405	< GHR ≤	7255,43	75,241	< CR ≤	92,94
E	1,00	7255	< GHR		92,938	< CR	

Tabela 5. Valores de referência de GHR e CR para a cidade de Vitória (ES).

Fonte: PBE Edifica, 2021.

4. RESULTADOS

Analisando os dados apresentados nos Gráficos 1 e 2 e Tabela 6, é notório o melhor desempenho energético para o uso de fachada ventilada e sombreadores. Além disso, vale ressaltar, o melhor desempenho das fachadas Sul e Leste em todas as simulações realizadas. Os valores comparados de todas as simulações realizadas seguem apresentados nos Gráficos 1 e 2, e, na Tabela 6, onde foram compilados os valores para as três situações analisadas considerando os graus-horas de resfriamento e o consumo relativo de refrigeração.



Gráficos 1 e 2. Comparativo de GHR (Graus-Horas de Resfriamento) e CR (Consumo Energético) do apartamento analisado.

	Orientação da Fachada Principal	Graus-horas de resfriamento - GHR	Graus-horas de resfriamento - GHR	Graus-horas de resfriamento - GHR
Apartamento tipo 1	Norte	5.224,17	4722.83	2340.65
Apartamento tipo 1	Leste	5.064,83	4696.00	1704.23
Apartamento tipo 1	Sul	4.945,67	4681.50	1651.46
Apartamento tipo 1	Oeste	5.533,83	4732.83	2413.24

	Orientação da Fachada Principal	Consumo energético anual - KW/h	Consumo energético anual - KW/h	Consumo energético anual - KW/h
Apartamento tipo 1	Norte	71,35	69,54	43,89
Apartamento tipo 1	Sul	69,25	67,32	35,02
Apartamento tipo 1	Leste	67,89	64,78	33,56
Apartamento tipo 1	Oeste	74,67	71,67	45,67

Fachada em emboço pintado e sem sombreador | Fachada em revestimento cerâmico com sombreador | Fachada ventilada com sombreador

Tabela 6. Comparativo de GHR e CR do pavimento tipo para todos os padrões construtivos analisados.

Após a compilação de todos os resultados, observou-se que com o uso da fachada ventilada houve uma grande melhoria no desempenho energético da edificação em todas as orientações analisadas. Quando comparada com a fachada em revestimento cerâmico com sombreador – que obteve o segundo melhor desempenho –, houve uma melhoria de 2382,18 graus-horas de resfriamento e uma diminuição de 25,65 kW/h em consumo energético anual apenas para a fachada norte. Já em relação à fachada em emboço pintado e sem sombreador – que apresentou o pior desempenho –, a diferença foi ainda mais significante, 2883,52 graus-horas de resfriamento a menos, e uma diminuição no consumo energético anual de 27,46 kW/h, isso apenas para a fachada Norte.

Considerando o somatório das quatro orientações, a diferença entre a fachada em emboço pintado sem sombreador e a fachada ventilada com sombreador foi de 12658,92 graus-horas de resfriamento e 125,02 kW/h a menos ao longo de todo ano. Essa diferença se justifica uma vez que o sistema de fachada ventilada pro-

picia a formação de uma câmara que garante ventilação continua por toda superfície revestida com esse sistema. A radiação solar direta na edificação é refletida ou absorvida pela lâmina externa e produz o aquecimento do ar interno na câmara, que ao reduzir sua densidade, gera movimento ascendente que dissipa a energia acumulada no sistema, liberando o ar quente e evitando o aquecimento do interno da edificação. Além da contribuição para o ponto de vista energético, a fachada ventilada proporciona um aumento no isolamento acústico, menor manutenção dos sistemas estruturais e de vedação, pois evita a ação direta dos agentes atmosféricos. Quando combinado a esse sistema o dimensionamento e a definição de sombreadores adequados para cada orientação de fachada, o desempenho energético apresenta ainda melhores resultados, tendo em vista que os ambientes internos não receberiam insolação direta nas horas e estações mais críticas do ano.

5. CONCLUSÕES

O crescimento no setor residencial na RMGV, de acordo com o levantamento realizado, revela o estabelecimento de um processo de padronização tipológica, onde é possível notar que as construtoras e incorporadas, em casos específicos, repetem o mesmo padrão em diferentes lotes urbanos, desconsiderando as orientações dos terrenos e as características do entorno na qual o edifício será inserido, resultando na construção de edifícios energeticamente ineficientes. Destaca-se, ainda, que novas técnicas construtivas, como o sistema de fachada ventilada, já usada em larga escala no mundo, mas ainda pouco difundidas no Brasil, demonstraram viabilidade como uma estratégia projetual para melhorar o desempenho energético e consequentemente o conforto da edificação, além de contribuir para a redução de emissões de CO_2 na atmosfera. Quanto à adoção do uso de sombreadores é perceptível a melhora do desempenho energético do apartamento analisado, reafirmando a urgência de agregar novos mecanismos que possam contribuir com a eficiência energética das edificações. Também foi observado que a aplicabilidade de conceitos da arquitetura sustentável com foco na eficiência energética, alinhada ao uso de *softwares* de simulações ficou evidenciada e se demonstra como uma medida para retomada da arquitetura projetada levando em consideração o meio no qual está inserida. O uso de *softwares* específicos também se mostrou eficiente como instrumento de auxílio nas fases iniciais do projeto arquitetônico, sendo possível, por meio das simulações realizadas com o emprego dos mesmos, identificar fatores que contribuirão para o melhor desempenho energético do edifício ao longo de sua vida útil, causando menor impacto ao Planeta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.

FLORES-LARSEN, S.; FILIPPÍN, C.; BAREA, G. Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina. Energy and Buildings, vol. 184, p. 216-229. 2019.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, Alliance for Buildings and Construction 2018. Disponível em: < https://globalabc.org/>.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. Anexo geral V: Cátalogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. 2013. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy and climate change, 2015**. Disponível em:<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf.>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Energy and climate change, 2015. Disponível em:<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf.>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. World Energy Outlook 2013. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013.pdf>.

KAMMEN, D. M.; SUNTER, D. A. City-integrated renewable energy for urban sustainability. **Science**, v. 352, n. 6288, p. 922–928, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na Arquitetura. 2ª Ed. ProLivros, São paulo, 2014.

PAN, W.; PAN, M. A dialectical system framework of zero carbon emission building policy for high-rise high-density cities: Perspectives from Hong Kong. **Science Direct**, v. 205, p. 1–13, 2018.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO SINDUSCON. Censo Imobiliário. Disponível em: <http://www.sinduscon-es.com.br/v2/cgi-bin/conteudo.asp?menu2=55>.

SOUST-VERDAGUER, B.; LLATAS, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. Critical review of bim-based LCA method to buildings. Energy and Buildings, v. 136, p. 110–120, fev. 2017.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Disponível em:< https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>.

UNITED NATIONS. Population Facts. Department of Economic and Social Affairs Population Division – 2018b. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-PopFacts_2018-1.pdf>.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Technology Environment Policy**, v. 15, p. 81–91, 2013.

ZHANG, Y., et al. Comparisons of inverse modeling approaches for predicting building energy performance. **Building and Environment**, v. 86, p. 177–190, 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento dos Profissionais de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para realização desta pesquisa.