

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO SAZONAL DE CONDICIONADOR DE AR RESIDENCIAL COM TECNOLOGIA *ON-OFF* E VRF

Guilherme Kley Garcia – [guigarcia.89@hotmail.com](mailto:guigarcia.89@hotmail.com)

Paulo Roberto Wander – [prwander@unisinis.br](mailto:prwander@unisinis.br) – Universidade do Vale dos Sinos

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinis, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

S2 - Equipamentos e Componentes de Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**Resumo.** *O presente trabalho realiza uma análise comparativa do desempenho sazonal de dois sistemas de condicionamento de ar tipo split hi-wall, sendo um deles do tipo on-off e outro equipado com sistema Variable Refrigerant Flow, VRF. Para tal comparação, foi modelado uma sala comercial de 16m<sup>2</sup> no software Energy Plus onde realizou-se o dimensionamento dos sistemas para dias de verão típico e outro com umidade elevada e obteve-se uma capacidade de refrigeração necessária de 2,87 kW e 2,79 kW. O sistema VRF apresenta um menor consumo de energia para ambos os dias de projeto de cerca de 9% para o dia típico e 15,5% para o dia úmido. Quando avaliado o desempenho sazonal de ambos os produtos, observa-se que a capacidade de refrigeração demandada para o sistema on-off é 8,2% superior ao VRF, devido a maior capacidade latente deste. Além disso, o sistema VRF apresenta um consumo energético 14,6% menor.*

**Palavras-chave:** Ar Condicionado, Desempenho Sazonal, Energy Plus

## 1. INTRODUÇÃO

Quando avaliados em sua aplicação, os aparelhos de ar condicionado operam em condições climáticas e de carga térmica variada. Ainda que existam condições nominais pelos quais são projetados e avaliados, essas condições normalmente não são as mais frequentes nos ambientes ou locais onde são instalados. Dessa forma, diversos estudos têm se dedicado a avaliar o desempenho de sazonal de condicionadores de ar, avaliando variações nas condições climáticas, de operação e de carga térmica.

A forma mais comum de controle da capacidade do sistema é desligar o compressor assim que a capacidade de refrigeração superasse a carga térmica do ambiente refrigerado. Normalmente esse controle é feito através de um termostato que mensura a temperatura do ar na entrada do evaporador e compara com a temperatura de *setpoint*. Com o surgimento da tecnologia de vazão variável de refrigerante, ou *variable-refrigerant-flow* (VRF), os sistemas passam a conseguir adequar sua capacidade à carga térmica gerando uma menor oscilação da temperatura do ambiente climatizado, menor percepção de ruído e menor consumo de energia (OHIAMA e KONDO, 2007).

Andrade et al. (2021) realizaram ensaios de um sistema VRF e outro *on-off*. Quando avaliados na condição da norma ISO 5151, que determina condições de testes para avaliação de performance em apenas uma condição, o aparelho *on-off* utilizado apresentou um COP de 3,26 enquanto o sistema VRF apresentou COP de 3,31, ou seja, valores de eficiência relativamente próximos. Sob o ponto de vista sazonal, entretanto, há uma variação relevante no desempenho dos sistemas. Quando ensaiados sob as condições da norma ISO 16358-1 que busca avaliar o sistema sazonalmente, o sistema *on-off* apresentou um coeficiente de eficiência sazonal (CSPF) de 3,46 contra um coeficiente de 5,1 do sistema VRF, ou seja, uma variação de eficiência de 47,4%.

Soares (2018) investigou a influência climática e de carga térmica no desempenho de um sistema operando no modo VRF e desse mesmo sistema operando com a frequência fixada. O estudo foi elaborado utilizando o software *Energy Plus* simulando o desempenho sazonal para diferentes capitais brasileiras. Os resultados mostram que o sistema VRF apresenta um consumo de energia de 15 a 36% inferiores em relação sistema fixo. Em seu trabalho, o autor propõe a adoção de um sistema de etiquetagem que leve em consideração as variações de carga e temperatura para melhor comparação da eficiência dos produtos com diferentes tecnologias de controle.

Já o comportamento da eficiência do sistema VRF é analisada por Meng et. al. (2015). O autor analisou a performance de um sistema tipo *multi-split* de capacidade nominal de 12,5 kW operando em cargas parciais com diferentes tipos de trocadores de calor. Todas as configurações de sistemas atingiram o maior nível de eficiência quando operando em cargas parciais entre 56,8% e 79,2% da capacidade nominal. Os autores apontam ainda que essa é uma vantagem dos sistemas VRF em relação à sistemas *on-off*, alegando que a maioria dos condicionadores operam em uma faixa de 50 a 75% da carga nominal. Xavier (2016) também obteve perfil de curvas similar em seus estudos. O autor simulou cargas parciais de 30%, 50% 75% e 100% da nominal e obteve o maior COP na faixa de 50%. Já Soares (2018) observou que o melhor desempenho dos condicionadores de ar VRF ocorrem quando estão operando na faixa de 40 a 50% da carga nominal.

Uma vez que os condicionadores de ar de pequeno porte têm aumentada a sua relevância no consumo energético residencial (Abrahão et al., 2021), o presente trabalho propõe a análise comparativa do desempenho energético sazonal de dois sistemas de condicionamento de ar de baixa capacidade aplicado a uma sala comercial em Porto Alegre, sendo um deles *on-off* e outro VRF através da utilização do programa Energy Plus.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Características construtivas e de operação da envoltória.

Nesse estudo, utilizou-se a envoltória proposta por Soares (2018) para a avaliação de sistemas tipo split em diferentes condições climáticas. A Fig. 1 mostra a envoltória construída com a utilização do software Google Sketch Up onde os principais elementos são utilizados no Energy Plus. Essa edificação simula, de forma simplificada, uma edificação em condições mais próximas das reais visto que o objeto de estudo do trabalho é a carga térmica e o desempenho do sistema HVAC.

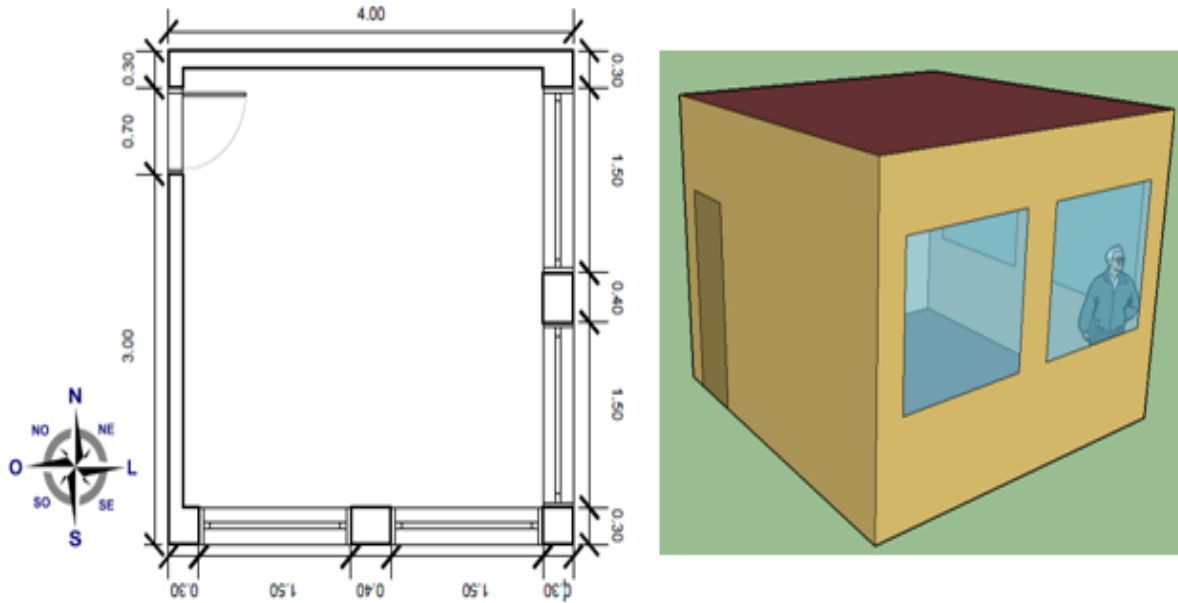


Figura 1. Planta baixa e modelagem 3D da Envoltória

Nessa simulação, as paredes Sul e Leste são consideradas paredes externas, expostas à luz solar e ao vento e possuem 2 janelas cada uma. A parede Norte é considerada uma divisória com outro ambiente climatizado e, portanto, foi considerada adiabática. Já a parede Oeste nessa simulação foi considerada uma parede com uma porta e exposta a um corredor não condicionado. As áreas dos elementos são mostradas na Tab. 1.

Tabela 1. Área dos elementos da sala

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo	Fronteiras
Ambiente	16	Ambiente interno	-
Parede Oeste	10,53	Parede Interna	Ambiente não condicionado
Parede Norte	12	Parede Adiabática	Ambiente condicionado
Parede Leste	7,8	Parede Externa	Ambiente externo
Parede Sul	7,8	Parede Externa	Ambiente externo
Porta	1,47	Madeira	Ambiente não condicionado
Janela	2,1	Vidro	Ambiente externo

Os materiais utilizados na construção dos elementos são apresentados na Tab. 2:

Tabela 2. Área dos elementos da sala

Material	L (m)	k W/(mK)	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Cp j/(kgK)	Térm.	Sol.	Visí.
Bloco Cerâmico (paredes externas)	0,200	0,89	1920	890			
Bloco Cerâmico (paredes internas)	0,090	0,89	1920	890			
Bloco Piso e Teto (paredes internas)	0,090	0,89	1920	890			
Vigas de Concreto (Piso e Teto)	0,090	1,95	2240	900			
Reboco	0,025	0,72	1856	840	0,9	0,3	0,3

Fonte: Adaptado de ENERGY PLUS (2015c), Apud SOARES (2018)

Tabela 3. Propriedades físicas do vidro tipo Clear

As propriedades do vidro utilizado para compor as janelas são apresentadas na Tab. 3:

Tabela 3. Propriedades físicas do vidro tipo *Clear*

Propriedade	Valor	Unidade
Espessura	0,003	m
Transmitância Solar	0,837	-
Transmitância Visível	0,898	-
Refletância Solar	0,075	-
Refletância Visível	0,081	-
Emissividade	0,84	-
Condutividade térmica	0,9	W/(m K)

Fonte: Adaptado de ENERGY PLUS (2015c), Apud SOARES (2018)

Quanto as características de ocupação, o escritório opera de segunda sexta-feira nos horários de 8h da manhã às 19h e aos sábados das 8 às 13h. Em domingos e feriados, não há ocupação. Assim, os equipamentos e luzes permanecem desligados.

A sala tem capacidade para 3 pessoas. Para a iluminação, foram consideradas lâmpadas cuja potência dissipada equivale a 16 W/m<sup>2</sup> que ficam ligadas durante o período de ocupação do escritório. Já os equipamentos, foram considerados 3 computadores, 3 monitores e 1 impressora, totalizando 565W. São considerados que todos os equipamentos ficam ligados ao longo do período de funcionamento do escritório (SOARES, 2018). A carga térmica pelo período de ocupação/utilização está disposta na Tab. 4

Tabela 4. Padrão de ocupação, funcionamento de equipamentos e iluminação

Período	Elemento	Carga Unitária	Carga total (W)	Padrão de ocupação/utilização horária até										
				8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
Seg. / Sexta	Pessoas	108 W/pessoa	324	25%	100%		50%		100%					50%
	Equip.	-	565	100%										
	Luzes	16W/m <sup>2</sup>	256	100%										
Sábado	Pessoas	108 W/pessoa	324	100%					50%	-				
	Equip.	-	565	100%					-					
	Luzes	16W/m <sup>2</sup>	256	100%					-					

A taxa de renovação de ar que atende a resolução RE nº9 de Janeiro de 2003 (ANVISA, 2003) para ambientes climatizados deve ser de 27m<sup>3</sup>/h por pessoa. Como o escritório é projetado para 3 pessoas, adotou-se uma taxa de renovação de ar externo de 0,025 m<sup>3</sup>/s.

## 2.2 Dados Climáticos e Dia de Projeto

O Energy Plus processa dados de arquivos climáticos tipo cuja extensão é epw. Esses arquivos cobrem 8760 horas de um ano e disponibilizam dados como radiação solar, direção e velocidade do vento, temperatura e umidade do ar.

O LABEE disponibiliza arquivos climáticos medidos em aeroportos de diversas capitais brasileiras e obtidos através da metodologia Test Reference Year (TRY). O TRY é um arquivo climático através da eliminação de anos cujos dados contêm temperaturas médias mensais mais extremas, obtendo assim um ano climático de referência.

Já os dias de projeto, foram considerados dados do *Climate Design Data 2013 ASHRAE Handbook*. Foram considerados 2 dias de projeto, sendo um dia de verão típico, outro dia de verão úmido e um dia de inverno. Os principais dados estão compilados na Tab. 5.

Tabela 5. Características principais do dia de projeto

Parâmetro	Unidade	Verão	Verão Úmido
TBS Máxima	C	33	30,4
Range diário de RBS	$\Delta C$	9,7	9,7
TBU na máxima TBS	C	24	25,6
Velocidade do vento	m/s	3,5	3,5

Fonte: Tabela 5. Características principais do dia de projeto

## 2.3 Características dos sistemas de Ar Condicionado

Por fim, foram realizadas 3 simulações numéricas para análise dos condicionadores de ar onde o termostato é mantido a 24°C.

A primeira, analisa a carga térmica ideal do escritório para dimensionamento do sistema e a avaliação dos condicionadores de ar em tais condições. A segunda utiliza um sistema template unitário de fluxo de refrigerante fixo enquanto a terceira utiliza um template de condicionador de ar de velocidade variável, ambos disponível no Energy Plus.

Para os dois casos template, o sistema foi auto dimensionado pela ferramenta para o modo de refrigeração. Para ambos os sistemas, buscou-se manter iguais as características mais relevantes: os COP de refrigeração e aquecimento foram mantidos iguais, em 3,25 e 2,75 respectivamente, o sistema de ventilação foi considerado uma eficiência total de 70% e eficiência do motor de 90%, a variação de pressão do sistema de ventilação, foi considerada de 120 Pa. Nesses sistemas, não se considerou uma taxa de renovação de ar dos sistemas. Por fim, foi utilizado um fator de dimensionamento dos componentes do sistema de refrigeração de 1,15. Tal fator não afeta a capacidade de refrigeração da simulação sazonal, apenas o dimensionamento do sistema.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Carga térmica para o dia de projeto

O resultado da simulação do dia de projeto de verão típico, resultou em uma carga térmica total de 2,87 kW o que exige um aparelho de 9,8 kBTU/h enquanto a carga térmica de um dia de verão úmido resultou em uma carga de 2,79 kW. Em ambos os casos, a maior carga térmica simulada incidiu no período das 16h. Ainda que as cargas térmicas para ambas as simulações sejam próximas, o perfil da carga térmica difere. Os fatores de carga térmica da sala relativos à operação, ou seja, pessoas, luzes e equipamentos apresentam a mesma demanda de 1,145 kW em ambos os casos, como esperado. A diferença do perfil da carga térmica ocorre nas taxas de transferência de calor e na taxa de renovação de ar, conforme pode ser visto na Figura 2.

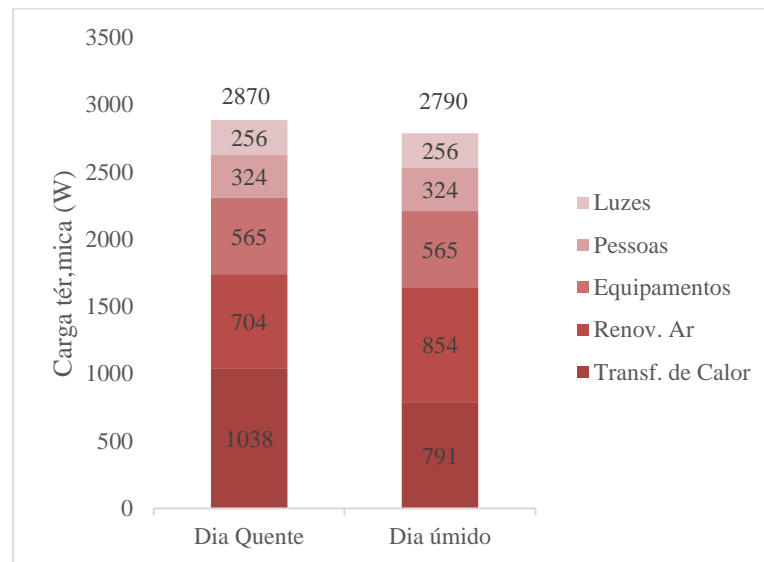


Figura 2. Composição da carga térmica para os dias de projeto de verão

No dia típico de calor, a carga térmica pela taxa de transferência de calor da envoltória para o ambiente externo é de 1,038 kW, e representa 36% da carga térmica total. Já no dia úmido essa carga é de 0,791 kW, ou seja, 23,8% inferior à do dia típico e representa 28% da carga total. A diferença entre ambas as cargas ocorre devido às temperaturas mais elevadas nos dias típicos de verão (33 °C) contra a temperatura adotada para o dia mais úmido (30,6 °C).

Já a carga térmica por renovação de ar em um dia úmido é de 0,854 kW e representa 30,6% da carga térmica total, sendo essa participação mais relevante do que o ganho de calor pelas paredes e vidros. Tal carga térmica para um dia típico é de 0,704 kW e representa 24,5% da carga térmica total. Ainda que a taxa de renovação de ar seja a mesma para ambas as simulações, há uma diferença relevante na umidade do ar. A umidade relativa do ar externo é de 68,4% no dia úmido face uma umidade de 48,6% para o dia seco. A umidade relativa do ar afeta diretamente a entalpia do ar e, consequentemente, aumenta a taxa de ganho de energia do ambiente. Tal diferença é observada na taxa de calor sensível que, para o dia típico é de 77,7% na média diária e 80,25% no ponto de maior carga térmica. Para o dia úmido a taxa de calor sensível é de 69,8% na média diária e 71,84% no ponto de maior carga térmica.

Quando confrontada a simulação sazonal, nota-se que houve 32 ocorrências onde a carga térmica é superior às cargas dos dias de projeto. Essa observação é esperada, uma vez que o dia de projeto cobre até 99,4% das ocorrências de temperatura e/ou umidade para o período. Isso representa apenas 0,7% das horas de operação desse escritório ou 0,35% das horas totais.

Analisando os dados das 32 ocorrências, é possível identificar que a carga térmica mais elevada ocorre em função de temperaturas e ou umidades mais elevadas que as utilizadas no dia de projeto, conforme identificado na Fig. 3. Pode-se verificar 2 grupos de ocorrências principais: 1) Ocorrência de temperaturas externas significativamente superiores às temperaturas de projeto e 2) Ocorrência de umidade relativa superiores às temperaturas de projeto. Nas ocorrências onde a temperatura é superior ao dia de projeto, os mecanismos de transferência de calor serão favorecidos, aumentando o fluxo de calor do ambiente externo para a sala. Já a umidade maior afeta a carga térmica principalmente aumentando o fluxo de energia do ar pela renovação de ar projetada, uma vez que a umidade do ar resulta em uma maior carga térmica latente e uma maior energia de entrada por infiltração.

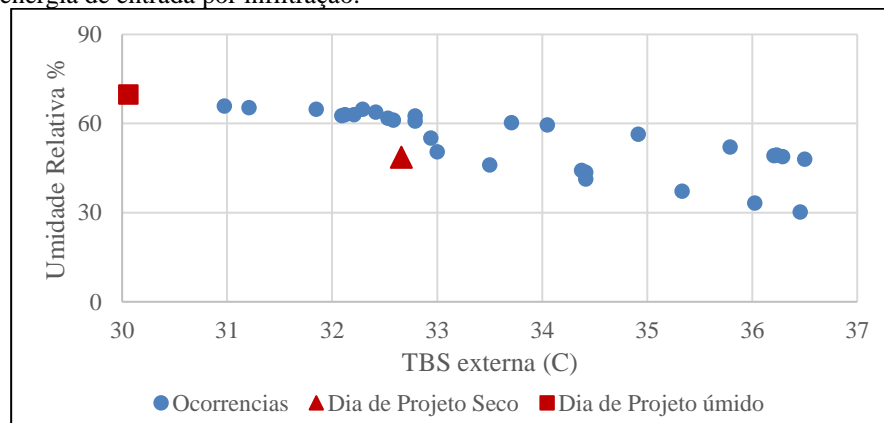


Figura 3. Ocorrências de carga térmica superiores ao dia de projeto

### 3.2 Análise dos sistemas de refrigeração Fixo e VRF nos dias de projeto

A capacidade de refrigeração de cada sistema bem como a demanda energética para sua operação são apresentados na Tab. 6. O sistema de refrigeração *on-off* apresenta uma capacidade de refrigeração de 31,82 kW com consumo de 9,7 kW para o dia típico, resultando um COP médio de 3,28. Já o sistema VRF apresenta capacidade de 31,52 kW e consumo de 8,83 kW resultando em um COP médio de 3,57. Já para o dia úmido, a capacidade é de 30,29 kW com consumo de 8,83 kW para o sistema *on-off*, resultando em um COP de 3,43 enquanto o sistema VRF apresenta capacidade de 29,85 kW com consumo de 7,46 kW seguindo-se um COP de 4,00.

Tabela 6. Características principais do dia de projeto

Sistema	Parâmetro	Unidade	Verão	Úmido
<i>On-Off</i>	Cap. Refrigeração	kW	31,82	30,29
	Consumo	kW	9,7	8,83
	PLR	%	79%	91%
	COP Médio	kW/kW	3,28	3,43
VRF	Cap. Refrigeração		31,52	29,85
	Consumo		8,83	7,46
	COP Médio		3,57	4,00
$\Delta\%$ Consumo			91,0%	84,5%

Ainda que nominalmente ambos os sistemas possuam COP equivalente, como o sistema está sobre dimensionado, ambos os sistemas de refrigeração operarão em cargas parciais ao longo do dia de projeto. A diferença de eficiência está na possibilidade do sistema VRF de modular vazão de refrigerante às necessidades de carga térmica ambiente resultando em um menor consumo de energia em relação ao sistema *On-off*.

A diferença do comportamento da eficiência de ambos os sistemas em carga parcial pode ser observada quando plotada a razão entre o COP do sistema fixo pelo COP do sistema VRF projetado sobre uma curva de carga parcial para cada hora dos dias de verão disponível na Fig. 4. O PLR é a razão de tempo em que o compressor do sistema *on-off* opera sobre o tempo total da simulação. Assim, para horas com baixo PLR, como no ponto de 58%, a diferença do COP de ambos os sistemas chega a 23%. Já em horas de PLR alto, como no ponto de 87%, a variação do COP se reduz a 3%. Esse comportamento é esperado uma vez que os sistemas VRF possuem sua grande vantagem quando em carga parcial. Uma vez que ambos os sistemas operando em carga nominal possuem a mesma especificação, o desempenho dos sistemas é próximo quando operando próximos a esse ponto. Entretanto, quando operando em cargas parciais, a eficiência do sistema VRF se ressalta.

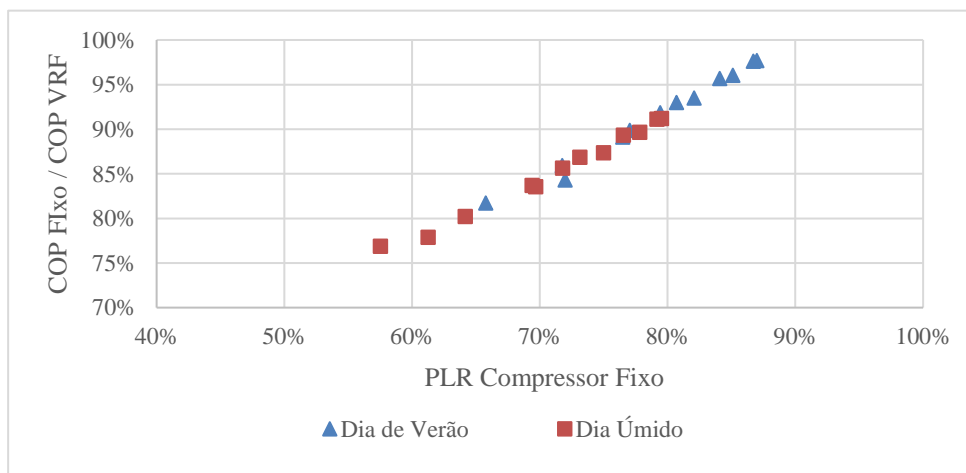


Figura 3. Variação do COP x PLR do compressor fixo

Quando comparados os consumos de energia do dia úmido, o sistema VRF apresenta uma redução da demanda energética em 15,5% em relação ao sistema fixo. Essa variação se deve principalmente ao fato de que a carga térmica é ligeiramente menor nesse dia, resultando em cargas parciais menores do que as verificadas no dia típico, como mostrado na Fig. 4.

### 3.3 Análise sazonal dos condicionadores *On-Off* e VRF

Os sistemas *On-Off* e VRF apresentam carga térmica sazonal diferentes. A Tab. 9 mostra a carga térmica máxima e média de resfriamento e aquecimento para cada mês do ano.

Tabela 7. Comparação sazonal entre os sistemas

Dado	Unidade	<i>On-Off</i>	VRF	VRF / <i>On-Off</i> (%)
Cap. Refrig. Total	kWh	35.091	32.198	91,8%
Cap. Refrig. Sensível	kWh	26.571	26.758	100,7%
Cap. Refrig. Latente	kWh	8.519	5.441	63,9%
SHF	-	76%	83%	109,7%
Aquecimento	kWh	2.045	2.012	98,4%
Consumo	kWh	11.308	9.659	85,4%
COP	-	3,28	3,54	107,8%
PRL Médio	-	39%	-	-

No total, o sistema *On-Off* precisa de uma capacidade de refrigeração 8,2% superior à de um sistema VRF. A capacidade sensível de ambos os aparelhos é equivalente, apresentando uma variação marginal de 0,7%. Uma vez que as condições climáticas e as condições de operação da sala são idênticas, a remoção de calor sensível de ambos os aparelhos ser muito próxima é esperada, visto que o termostato está projetado para manter a temperatura do ar em 24°C e não há controle de umidade.

A variação na capacidade de refrigeração total ocorre devido, majoritariamente, à diferença de capacidade latente e pode ser observada pelo fator de calor sensível (SHF) de cada sistema: enquanto que o sistema VRF possui um SHF de 83%, o sistema *on-off* apresenta 76%. A capacidade sazonal latente de refrigeração do sistema *On-Off* é 36,1% superior ao sistema VRF.

Por não ter a capacidade de modular a carga de refrigerante, o compressor do sistema *on-off* trabalha a uma vazão volumétrica de bombeamento de refrigerante constante e, conseqüentemente, o trocador de calor evaporador do aparelho de ar condicionado opera em temperaturas próximas às nominais, que é, em geral, abaixo da temperatura de orvalho do ar, aumentando a taxa de calor latente.

Já o sistema VRF, ao modular o fluxo de refrigerante em cargas parciais, reduz a diferença de pressão de condensação e evaporação, elevando a temperatura de evaporação do evaporador. Tais resultados são similares aos observados por Sarntichartsak et al. (2007) que demonstraram que a relação de pressão de evaporação e condensação são proporcionais a carga parcial, ou seja, quanto menor a carga parcial, maior a temperatura de evaporação e menor a temperatura de condensação. Assim, há muitas ocorrências das horas analisadas em que a temperatura de evaporação é superior a temperatura de orvalho do ar do ambiente refrigerado, resultando em um resfriamento sensível do ar. Dessa forma, a taxa de capacidade latente dos aparelhos VRF, quando analisados de forma sazonal, será inferior à de um aparelho fixo.

Por fim, quando analisado o consumo de energia, observa-se que o sistema VRF consome 14,6% a menos de energia que o sistema fixo, em linha ao observado por Soares (2018) e possui um COP 7,8% superior a esse sistema. Essa redução de consumo ocorre por dois fatores importantes: I) maior eficiência quando operando em cargas parciais e II) menor necessidade de capacidade de refrigeração, uma vez que a capacidade sazonal exigida de um sistema VRF é inferior a capacidade do sistema *On-off* devido a menor demanda de desumidificação já comentada.

Há uma diferença entre a variação do COP, que é de 7,8% e o consumo de energia que é de 14,6% pois as capacidades de refrigeração dos aparelhos são diferentes devido à diferente taxa de calor latente. Tal variação no consumo de energia pode ser considerado pequeno quando comparado com outros estudos feitos na literatura. Entretanto, deve-se observar que essas simulações usaram templates do Energy Plus e, para uma comparação mais precisa entre sistemas fixos e VRF, pode-se utilizar de curvas de desempenho de sistemas reais.

#### 4 CONCLUSÕES

A avaliação da performance de sistemas de ar condicionado residenciais não deve levar em consideração apenas um ponto de sua curva de desempenho, mas sim, a avaliação sazonal desses sistemas preferencialmente levando em conta as condições climáticas e de operação dos locais de onde serão aplicados os aparelhos.

O presente trabalho buscou contribuir com essa discussão através do dimensionamento e análise da carga térmica de refrigeração através do dimensionamento de sistema para dias de verão típico e de alta umidade, alcançando uma carga de 2,87 kW para o dia típico de verão. Dois sistemas tipo split de mesma capacidade e COP no ponto nominal foram então simulados para os dias de projeto e considerando cargas sazonais para a cidade de Porto Alegre.

Observa-se que, quando operando próximos a carga nominal, o consumo de energia de ambos os sistemas são bastante próximos. Entretanto, quanto menor a carga de refrigeração, maior a diferença de eficiência apresentada. Para os dias de projeto, tal diferença de eficiência chega a 15,5% para o dia úmido de verão.

A avaliação da carga sazonal trouxe duas importantes contribuições: variação da capacidade de refrigeração e variação da diferença da eficiência. O sistema *on-off*, apresenta uma capacidade sazonal de 8,2% superior ao sistema VRF devido a uma maior desumidificação do ambiente refrigerado. Além disso, o sistema VRF possui um coeficiente de performance sazonal 8,7% superior ao sistema *on-off* resultando em uma redução de consumo de energia total de 14,5%.

Assim, o trabalho evidencia que quando avaliado de forma sazonal, o aparelho VRF apresenta um consumo energético sazonal relevantemente superior. Como sugestão para futuras análises, é possível traçar a curva de performance de aparelhos reais, com diferentes IDRSs, e considerando dados bioclimáticos de diferentes estados brasileiros para nova avaliação do impacto da nova metodologia do programa brasileiro de etiquetagem.

## 5 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge; SOUZA, Roberta Gonçalves Vieira de. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. *Ambiente Construído*, v. 21, p. 383-408, 2021. Disponível em <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200532>.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). RE Nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE\\_09\\_2003\\_.pdf/8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10).

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ASHRAE Climatic Conditions. Disponível em <http://ashrae-meteo.info/v2.0/>

ANDRADE, Angel; RESTREPO, Alvaro; TIBAQUIRA, Juan E. EER or Fcsp: A performance analysis of fixed and variable air conditioning at different cooling thermal conditions. *Energy Reports*, v. 7, p. 537-545, 2021. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.12.041>

ENERGYPLUS. Energy Plus Engineering Reference – The Reference to the Energy Plus Calculations, EnergyPlus™ Documentarion, Version 8.8. Disponível em <https://github.com/NREL/EnergyPlus/releases/tag/v8.8.0>.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEE). Arquivos Climáticos para Simulação Energética. Disponível em <https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>.

MENG, J. et al. Experimental investigation on cooling performance of multi-split variable refrigerant flow system with microchannel condenser under part load conditions. *Applied Thermal Engineering*, v. 81, p. 232-241, 2015. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.02.007>.

OHYAMA, K.; KONDO, T. Energy-saving technologies for inverter air conditioners. *IEEJ transactions on electrical and electronic engineering*, v.3, n.2, p. 183-189, 2008. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tee.20254>.

SARNITCHARTSAK, P.; MONYAKUL, V.; THEPA, S. Modeling and experimental study on performance of inverter air conditioner with variation of capillary tube using R-22 and R-407C. *Energy conversion and management*, v. 48, n. 2, p. 344-354, 2007. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.07.005>.

SOARES, Sergio Luiz Pereira. Estudo de um indicador de eficiência energética integrado para análise do desempenho de condicionadores de ar de baixa capacidade. São Leopoldo, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UNISINOS, São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7325>

### FORMAT INSTRUCTIONS FOR PAPERS SUBMITTED TO MERCOFRIO 2024

**Abstract.** *This paper presents a comparative analysis of the seasonal performance of two split hi-wall air conditioning systems: one on-off type and the other equipped with a Variable Refrigerant Flow (VRF) system. For this comparison, a 16m<sup>2</sup> commercial room was modeled using the software Energy Plus, where the systems were sized for a typical summer day and for a summer high humidity day, obtaining a required cooling capacity of 2.87 kW and 2.79 kW. The VRF system shows a lower energy consumption level for both design days: 9% for the typical day and 15.5% for the high humidity day. When evaluated the seasonal performance of both products, it is observed that the cooling capacity demanded from the on-off system is 8.2% higher than the VRF system due to higher latent capacity. Additionally, the VRF system has a 14.6% higher energy consumption..*

**Keywords:** Air Conditioning, Seasonal Performance, Energy Plus.