

Análise do desempenho térmico e acústico de elementos e esquadrias com diferentes configurações

Christian Bento¹
Maiara Foiato²
Jhulis Marina Carelli³

Resumo

A definição adequada do tipo de esquadria e do vidro para as aberturas de uma obra é essencial para que se garanta o conforto ambiental do local, seja ele acústico, térmico ou luminoso. Assim, neste estudo avaliou-se o desempenho acústico e térmico de diferentes configurações de esquadrias bem como de tipos distintos de vidro. Foi possível compreender e comparar resultados de desempenho acústico de esquadrias, com ensaios realizados em uma cabine de testes, onde foram instaladas esquadrias denominadas: (A) oscilo-batente (uma folha); (B) de correr (duas folhas), ambas com perfil de bitola 42 mm; (C) de correr com perfil de bitola 25 mm. Foram utilizados três diferentes tipos de vidro, sendo: (1) insulado 4+12+(3+3) mm (vidro 4 mm, câmara de ar de 12 mm, vidro laminado 3+3 mm); (2) laminado 4+4 mm e; (3) monolítico 4 mm. Também foi possível observar o desempenho térmico de seis diferentes amostras de vidros, com ensaio realizado através de emissão de calor por uma lâmpada infravermelha, medindo-se a temperatura na face interna e externa dos vidros acoplados de um painel térmico, sendo analisados os vidros (1) e (3) citados anteriormente, complementando com as demais cores de vidros refletivos, sendo: (2) azul; (4) champanhe; (5) cinza; (6) esmeralda, todos na composição laminado 4+4. Quanto ao desempenho acústico das esquadrias, a tipologia (A) atingiu nível A de acústica (redução sonora ≥ 30 dB) conforme limites de desempenho atribuídos pela NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), com reduções de 38 dB, 34 dB e 30 dB para os vidros (1), (2) e (3), respectivamente. A tipologia de correr atingiu nível A com os vidros (1) e (2) e nível B ($24 \leq R_w < 30$) com o (3), com reduções de 36 dB, 31 dB e 29 dB, respectivamente. A esquadria (C) alcançou nível B de acústica com vidro (2) e nível C ($18 \leq R_w < 24$) com vidro (3), com reduções de 24 dB e 22 dB, respectivamente. Nas avaliações térmicas o vidro (6), cor esmeralda, apresentou desempenho superior aos demais, ou seja, uma maior isolação térmica, seguido pelas cores champanhe, cinza e por último azul. Esta ordem certamente segue o padrão de menor para maior pigmentação nas cores dos vidros, sendo que as cores mais pigmentadas absorvem mais calor.

Palavras-chave: Esquadrias. Vidros. Desempenho Acústico. Desempenho Térmico.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil na Universidade do Oeste de Santa Catarina; christianbento96@gmail.com

² Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; maiara.foiato@unoesc.edu.br

³ Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; jhulis.carelli@unoesc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A especificação correta do tipo de esquadria e vidro para uma obra é muito importante, pois é necessário se obter uma isolamento térmica e acústica mínima para qualquer ambiente. Atualmente existem diversos tipos de esquadrias, com materiais e vidros diferentes, os quais podem trazer benefícios não só acústicos e térmicos, mas como economia de energia, segurança, modernidade e bloqueio dos raios ultravioletas (UV) para diminuir danos à pele, móveis, pisos, entre outros.

O conforto térmico e acústico é essencial para uma edificação. A NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) estabelece, entre outras questões, exigências de conforto térmico e acústico em imóveis residenciais, onde a pressão sonora máxima determinada para dormitórios, por exemplo, é de 35 decibels (dB). Assim, o conhecimento e a análise de informações referente ao desempenho térmico e acústico de esquadrias de diferentes materiais é muito importante para a especificação correta das esquadrias e tipos de vidros para obras de diversas peculiaridades.

O objetivo deste estudo foi analisar o desempenho acústico de esquadrias com diferentes configurações, bem como o desempenho térmico de tipos distintos de vidros, utilizando uma metodologia de ensaios adaptada com uma cabine de testes para a acústica e um painel térmico para os ensaios térmicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO ACÚSTICO

O desempenho acústico das edificações, em vários países, acabou se tornando exigência de leis e códigos de obras, tendo em vista seu impacto sobre a saúde humana. A NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), estabelece os níveis de ruído máximos admissíveis nos ambientes segundo o tipo de uso, porém, o mercado de construção civil andou distante de soluções que pudessem alcançar os níveis pré-estabelecidos. A NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) veio definir, a partir desses níveis admissíveis previstos, os níveis de desempenho que os sistemas construtivos devem ter para atenuar a transmissão dos ruídos gerados externa e internamente nas edificações habitacionais (PRO ACÚSTICA, 2013).

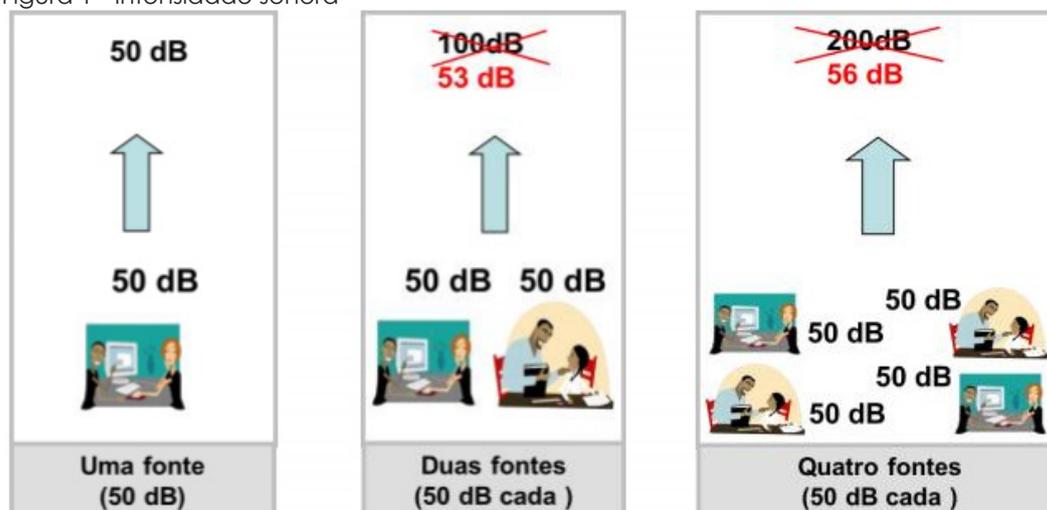
2.1.1 Caracterização do som

Som é um fenômeno físico que é produzido quando um objeto se move ou vibra transmitindo essa vibração através do meio. Cada molécula que se move gera movimento na molécula vizinha, transmitindo a energia da fonte emissora à fonte receptora (DUFROYER, 2018). As ondas sonoras, acontecem pelo ar empurrado (compressão) e separado (refração)

por vibrações, essas mudanças entre compressão e refração são as ondas sonoras. A frequência é o número de ciclos por segundo dessas mudanças, sendo medido por unidade Hertz (Hz) (DUFROYER, 2018).

Os níveis sonoros são grandezas logarítmicas, não podem ser adicionados aritmeticamente para dois níveis sonoros iguais. Se somados dois níveis sonoros, com frequências muito diferentes, o resultado final será de aproximadamente 3 a 5 dB a mais. No caso de um ruído de níveis diferentes, um pode mascarar outro, sendo que o ruído mais forte se sobrepõe ao ruído mais fraco, ficando este último imperceptível ao ouvido humano (GREVEN; FAGUNDES; EINSFELDT, 2006). A intensidade, é a força que o som propagado chega a fonte receptora, sendo que a unidade medida é em decibel (dB). Esta intensidade é medida em escala logarítmica, não linear, onde $50\text{ dB} + 50\text{ dB}$ não é igual a 100 dB , conforme mostra a Figura 1.

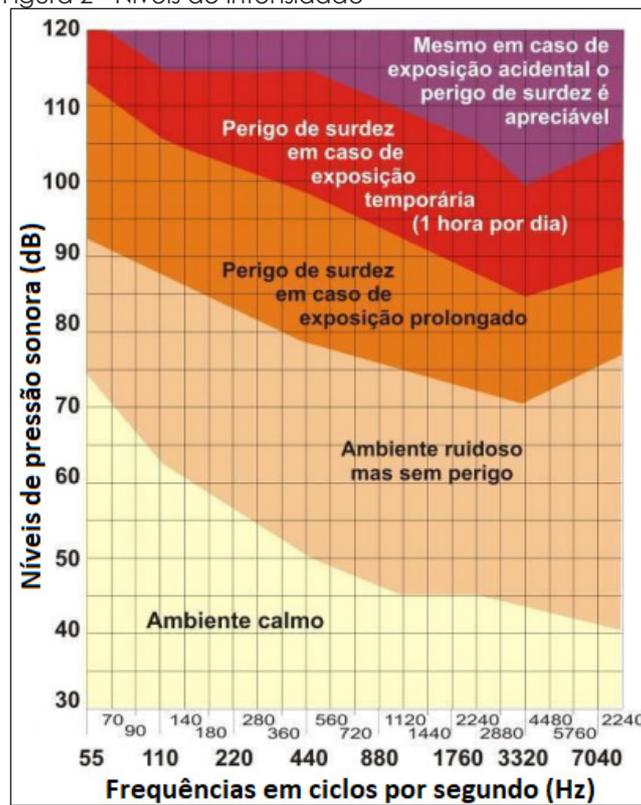
Figura 1 - Intensidade sonora



Fonte: Dufroyer (2018).

A composição de sons varia, sendo que uma nota musical é um som emitido em uma única frequência, já um som do cotidiano possui frequências variáveis e de fontes diversas. Um som, composto por inúmeras frequências, em mutação e desagradáveis, são chamados de ruídos. E as misturas de frequências associadas com um determinado som, são chamados de espectros sonoros (DUFROYER, 2018). Segundo Martins (1995), a Organização Mundial de Saúde dá orientações sobre os principais riscos à saúde, derivados de elevados níveis sonoros constantes ao ser humano, como dor, efeitos cardiovasculares, distúrbios do sono, fadiga auditiva, agressividade, performance no trabalho/escola, stress e suas consequências (nutrição e sistema imunológico), entre outros sintomas. A Figura 2 aonde mostra a intensidade sonora e a frequência em ciclos por segundo caracterizando os níveis de intensidades com suas respectivas descrições.

Figura 2 - Níveis de intensidade



Fonte: Martins (1995).

Por ser subjetiva, a percepção do som se torna complexa frente a discussão sobre redução acústica. De maneira geral, tem-se a seguinte percepção do som com a redução de intensidade (dB), como mostra a Figura 3 (DUFROYER, 2018).

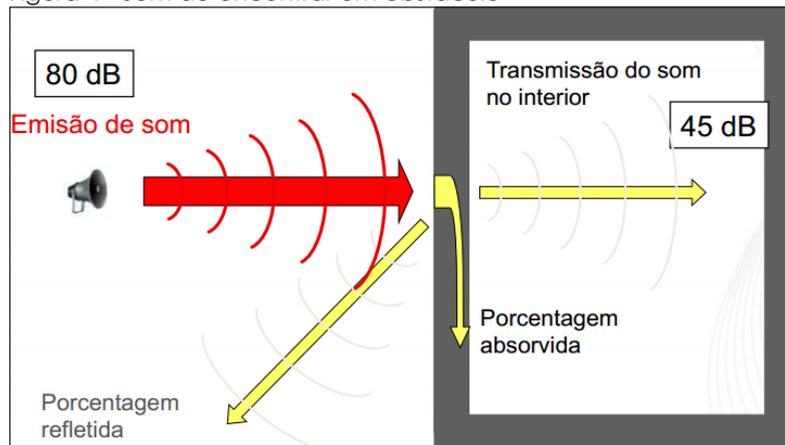
Figura 3 - Redução sonora

Redução de - 3 dB	Redução de - 5 dB	Redução de - 10 dB
		
Percebe-se diferença entre as duas intensidades	Percebe-se substancial diferença entre duas intensidades	Percebe-se que houve uma grande redução entre as duas intensidades (0,5)

Fonte: Dufroyer (2018).

Quando uma onda sonora incide sobre uma superfície ou um obstáculo, acontecem três fenômenos, reflexão, absorção e transmissão, ou seja, é em porcentagem refletido, em outra porcentagem absorvido pelo material e o percentual restante é transmitido, conforme mostra a Figura 4 (DUFROYER, 2018).

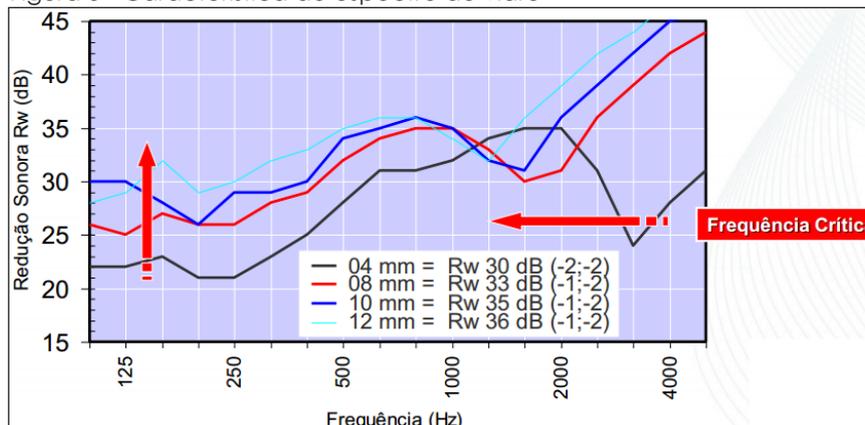
Figura 4 - Som ao encontrar um obstáculo



Fonte: Dufroyer (2018).

As frequências sonoras mais críticas na isolamento sonora com vidros de espessuras diferentes, podem ser observadas na Figura 5, que mostra a frequência crítica pelas diferentes espessuras de vidros monolíticos (DUFROYER, 2018).

Figura 5 - Característica do espectro do vidro



Fonte: Dufroyer (2018).

Para um tipo de esquadria e vidro isolar determinado ruído, pode ser explicado pela lei das massas para densidade elevada, e o sistema massa-mola-massa formado por dois elementos massivos e separados por meio compressível e/ou absorvente. Pela lei das massas, quanto mais peso melhor, pois quanto mais massa, maior a densidade, mais difícil de vibrar o material. O vidro tem a densidade de 2500 kg/m^3 . Na lei da massa + mola + massa, quando se especifica vidros duplos ou laminados, ocorre uma diferença de materiais com comportamentos diferentes ao ruído, proporcionando assim uma eficiência superior. Portanto a performance do isolamento, dependerá dos índices de redução do vidro e dos demais índices dos conjuntos envolvidos, que além do vidro são o caixilho e o isolamento do substrato (DUFROYER, 2018).

2.1.2 Normatização

Os sistemas de vedação vertical externa (fachadas) que separam dormitórios do exterior devem garantir um desempenho adequado de isolamento acústico ao ruído aéreo (tráfego, aviões, trens, etc.). O desempenho mínimo adequado é exigido em função do ruído exterior existente no entorno do empreendimento, conforme orienta a norma NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

A NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) estabelece os limites normativos de isolamento acústico ao ruído aéreo, assim como define níveis de desempenho informativos, Intermediário (I) e Superior (S) que proporcionam um maior conforto, conforme mostra a Figura 6, porém não há requisitos específicos para salas, cozinhas e banheiros. Em regiões de aeroportos, estádios, rodovias, ferrovias há necessidade de estudos específicos.

Figura 6 - Isolamento ao ruído aéreo

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas (fachadas)						
Parâmetro		Ruído Externo		Desempenho		
		Classe de ruído	Localização	MÍN	INT	SUP
Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada	$D_{2m,nT,w}$	I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20 dB	≥ 25 dB	≥ 30 dB
		II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25 dB	≥ 30 dB	≥ 35 dB
		III	Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB

Fonte: Manual ProAcústica apud NBR 15575 (ABNT, 2013).

A título informativo, os níveis de pressão sonora equivalentes LAeq incidentes a 2 metros das fachadas das edificações para cada classe de ruído considerada, pode ser observada na Figura 7 (DUFROYER, 2018).

Figura 7 - Classes de ruído

Classe de ruído	Nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} - dBA
I	Até 60 dBA
II	60 a 65 dBA
III	65 a 70 dBA

Fonte: Manual ProAcústica apud NBR 15575 (ABNT, 2013).

A NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) fornece valores máximos permissíveis de ruído em ambientes externos que servem como critério de avaliação em diferentes tipos de áreas (residencial, industrial, mista...), conforme pode ser observado na Tabela 1. Os valores são divididos entre diurnos e noturnos, onde os períodos podem ser definidos de acordo com os hábitos da população, porém é recomendado que o período noturno não comece após as 22h e termine antes das 7h (exceto em domingos e feriados quando o período noturno se estende até as 9h da manhã).

Tabela 1 - Nível de critério para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais e escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	50	45
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	65	55

Fonte: adaptada de NBR 10151 (ABNT, 2019).

A NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) estabelece os procedimentos técnicos para medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos, ou seja, define valores de referência para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso do ambiente. A NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) faz a comparação dos níveis de pressão sonora, equivalente (L_{Aeq}) e máximo (L_{Amax}) representativos do ambiente, conforme pode ser observado na Tabela 2. Considera-se adequado o uso do ambiente cujos níveis de pressão sonora sejam iguais ou menores aos valores de referência, tendo uma tolerância de 5dB.

Tabela 2 - Níveis de pressão sonora em ambientes internos em função do uso do ambiente

Finalidade de Uso	Valores de referência	
	RLAeq (dB)	RLASmax (dB)
Dormitórios	35	40
Salas de estar	40	45
Salas de cinema em casa	40	45
Salas de aula	35	40
Salas de música	35	40
Berçário	35	40
Centros cirúrgicos	35	40
Salas de reunião	35	40
Consultórios	40	45
Salas de espera	45	50
Cozinhas e Lavanderias	50	55
Circulações	50	55
Recepções	45	50

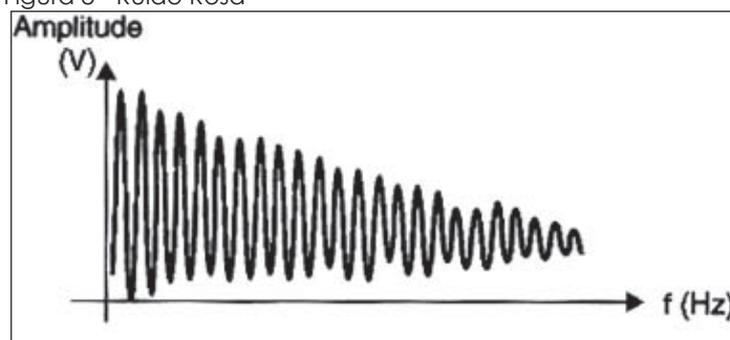
Fonte: adaptada de NBR 10152 (ABNT, 2017).

2.1.3 Desempenho de esquadrias

Para fins de testes acústicos em esquadrias, geralmente são utilizados nos testes padronizados, um sonômetro (medidor integrador de nível sonoro), que emite diversos tipos de ruído, dentre eles o ruído rosa que é utilizado por diversas empresas para realizarem testes acústicos, devido à sua semelhança com o ruído aéreo de tráfego urbano.

O ruído rosa é um ruído que tem sua intensidade diminuída à medida que a frequência aumenta, conforme pode ser observado na Figura 8 (NEWTON, 2001).

Figura 8 - Ruído Rosa



Fonte: Newton (2001).

O nível de desempenho acústico das esquadrias, pode ser visualizado na Tabela 3, aonde mostra o índice de redução sonora ponderado R_w (dB), de cada classe de desempenho, especificado na NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Tabela 3 - Níveis de desempenho das esquadrias

Desempenho	Índice de redução sonora ponderado Rw (dB)
D	$Rw < 18$
C	$18 \leq Rw < 24$
B	$24 \leq Rw < 30$
A	$Rw \geq 30$

Fonte: adaptada de NBR 10821-4 (ABNT, 2017).

A multinacional norueguesa Norsk Hydro ASA, publicou o resultado de alguns ensaios de acústica de seus próprios sistemas de esquadrias, conforme podem ser observadas na Tabela 4 (HYDRO, 2019).

Tabela 4 - Desempenho de esquadrias da empresa Hydro

Sistema (linha)	Tipologia (LxH milímetros)	Espessura do Vidro (mm)	Isolamento Rw (dB)
Única	Janela de Correr 2 folhas (1200x1200)	10 (5+5)	31
Única	Janela Oscilo-batente 1 folha (1000x1000)	10 (5+5)	34
Produtiva 25	Janela de Correr 2 folhas (1200x1200)	4	20
Produtiva 25	Janela de Correr 2 folhas (1200x1200)	6 (3+3)	20

Fonte: Hydro (2019).

Estes sistemas de esquadrias podem ser comparados com as esquadrias testadas nos ensaios deste artigo, sendo a linha Única semelhante à linha Komfort e a linha Produtiva 25 semelhante à linha Leben, sistemas que serão abordados na sequência.

2.2 CONFORTO TÉRMICO

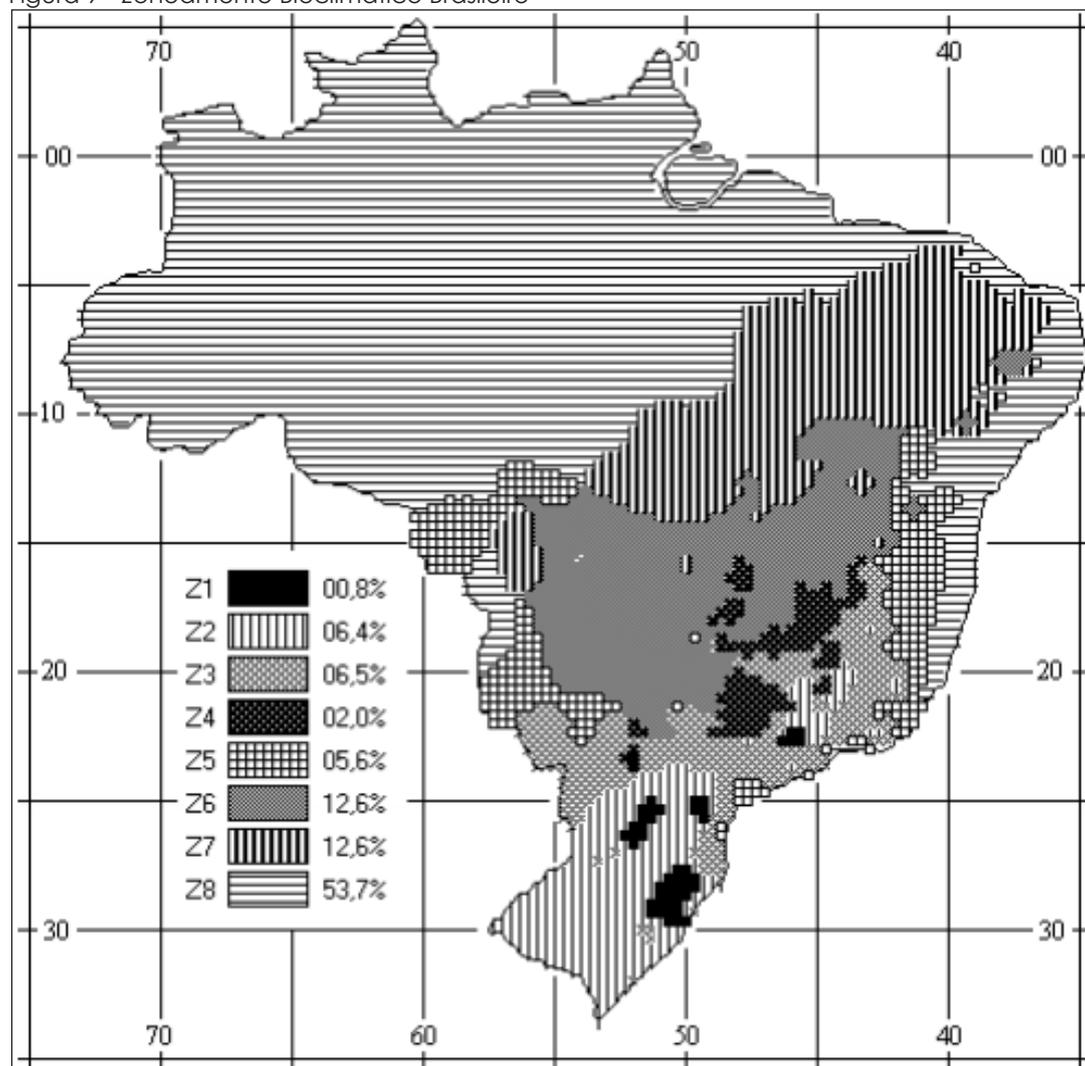
Conforto térmico é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico. Para haver satisfação térmica, o mesmo deve sentir um equilíbrio de todas as trocas de calor no meio em que está submetido o corpo. Quando este balanço térmico não é estável, é causada uma sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio (LAMBERTS, 2016).

2.2.1 Caracterização de conforto térmico

A Norma Regulamentadora 17 (MINISTÉRIO DE ESTADO DO TRABALHO, 2018) afirma que a temperatura ideal para ambientes internos de trabalho deve ficar entre 20°C e 23°C. As edificações devem atender às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática. O zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas.

As zonas que influenciam o estado de Santa Catarina são a zona 1 e zona 2, conforme mostra a Figura 9 (NBR 15220-3; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Figura 9 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Estas zonas indicam que as aberturas para a ventilação devem ser médias, o sombreamento das aberturas deve permitir sol durante o inverno, as edificações devem ter ventilações cruzadas e aquecimento solar no inverno (NBR 15220-3; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

2.2.2 Normatização

A NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) impõe um valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, sem a presença de fontes internas de calor, que podem ser os ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Critério de avaliação do desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critérios	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}\text{C})$

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

2.2.3 Desempenho térmico das esquadrias

As características das esquadrias se somam as características dos demais elementos da envoltória, sendo necessário, portanto, uma avaliação integrada dos mesmos para utilização em determinada edificação. A escolha desses elementos, além de permear a utilização da edificação, também deve considerar o zoneamento bioclimático brasileiro e a orientação solar de cada fachada.

A eficiência energética da edificação é definida pelo projeto como um todo, e não apenas por um tipo de esquadria eficiente, ou sistema construtivo de alto desempenho. Da mesma forma que o Inmetro, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), etiqueta os equipamentos isoladamente (ex: lâmpadas, aquecedores, aparelhos de ar-condicionado), a NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) proporciona a etiquetagem da esquadria conforme o seu desempenho isolado. Conforme a NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), recomenda-se as seguintes formas de controlar a entrada de calor no ambiente:

- Que os projetos de arquitetura para os dormitórios, para qualquer região climática, tenham dispositivos de controle de temperatura externos à edificação;
- Utilizar vidros de controle solar, classificados por transmissão luminosa, fator solar, conforme NBR 16023 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011);
- Que os perfis das esquadrias utilizem soluções ou sistemas de redução do efeito de ponte térmica (thermal break).

Os níveis de conforto térmico estão indicados na NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) e referem-se à quantidade de graus-hora de desconforto (GHd), conforme os limites de temperatura operativa estabelecidos na ANSI/ASHRAE STANDARD 55, resultante do uso da esquadria em cada uma das três zonas climáticas brasileiras. Esse

zoneamento climático difere daquele definido pela NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) e leva em conta principalmente a latitude geográfica, pois a radiação solar é preponderante no desempenho térmico de esquadrias. O desempenho térmico das esquadrias está relacionado à capacidade de controlar a influência do clima externo sobre o cômodo em questão, conforme mostra a NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), essas trocas podem ocorrer por três fenômenos físicos como:

- a) Ventilação natural;
- b) Ganho de calor, ou aquecimento, devido à incidência solar;
- c) Ganho e perda de calor por diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo.

Como existe grande variação climática por todo o território brasileiro, deve-se ter o cuidado de estudar o local de implantação do projeto, pois uma solução com bom desempenho térmico para um clima, pode não ter o mesmo efeito desejado em outro. Pensando nisso, a NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) trata desses três fenômenos físicos de troca de calor citados, com recomendações e classificação do desempenho térmico de esquadrias conforme a condição climática. O controle de cada fenômeno de troca de calor exige uma análise criteriosa por parte do especificador ou projetista da esquadria, pois as características necessárias para atender a mais de um requisito podem ser conflitantes. Por exemplo, para promover maior ventilação natural é necessária maior área de abertura, o que também permitirá maior ganho de calor. Para se chegar ao equilíbrio pode-se especificar elementos de proteção solar, seja por meio de brises, venezianas, persianas, beirais, ou pela especificação de vidros de controle solar.

Atualmente existem diversos tipos de vidros, mas quando se refere sobre desempenho térmico, os vidros de proteção solares são fundamentais para qualquer projeto, pois devido ao seu aspecto espelhado, consegue refletir a incidência solar, reduzindo a entrada de calor do ambiente (CEBRACE, 2018). A empresa Cebrace, que é a maior produtora de vidro float da América do Sul, lançou no mercado a linha de vidros de proteção solar Habitat, que são vidros que possibilitam a redução da entrada de calor no ambiente em até 70% e com proteção de quase 100% contra os raios UV (ultravioleta). O desempenho térmico de cada cor dos vidros habitat refletivo pode ser observado na Figura 10, com os resultados dos testes fornecidos pelo fabricante dos vidros, sendo organizado pelos números: 1 - Laminado refletivo champanhe 4 + 4 mm; 2 - laminado refletivo cinza 4 + 4 mm; 3 - laminado refletivo azul 4 + 4 mm; 4 - laminado refletivo esmeralda 4 + 4 mm.

Figura 10 - Dados técnicos vidro habitat refletivo

Habitat Refletivo			1	2	3	4		
			4+4	4+4	4+4	4+4		
Fatores Luminosos	Transmissão de luz (%)		TL	38	21	21	26	
	Reflexão (%)	Externa	RLe	44	30	21	36	
		Interna	RLi	43	22	25	38	
Fatores de Energia	Transmissão energética (%)		TE	41	17	17	23	
	Reflexão energética (%)	Externa	REe	30	26	18	21	
		Interna	REi	28	22	24	27	
	Absorção		Abs. %	29	57	65	57	
	Proteção Solar		PS %	52	70	68	64	
	Fator Solar		FS	0.48	0.30	0.32	0.36	
	Coef. de sombreamento		CS	0.55	0.35	0.37	0.41	
Transmissão Térmica			Fator U	U W/m ² K	5.6	5.6	5.6	5.6

Fonte: adaptada de Cebrace (2018).

Conforme pode ser observado, a empresa fabricante dos vidros fornece todos os valores referentes à cada tipo de vidro com suas respectivas espessuras, sendo estes valores calculados segundo as normas EN 410 (valores de energia luminosa energética) e a EN 673 (coeficiente de transmissão térmica Ug). Os valores calculados são valores médios (calculados no centro do vidro) dados a título indicativo e sobre reserva de modificações. A tolerância é de +/- 3% para os valores de energia luminosa e energética e de +/- 0,1 W/m²K para o coeficiente de transmissão térmica U. Pequenas variações podem ocorrer dependendo da tolerância de produção e tipo de instrumento utilizado para a medida das propriedades óticas. Alguns dados importantes podem ser observados, como o Fator Solar (FS), que é um número que indica o nível de proteção que o produto oferece contra os raios ultravioletas (UV), quanto menor esse número melhor o desempenho. A reflexão externa também é importante, pois são os valores que os vidros conseguem refletir da incidência solar, e juntamente temos os dados de absorção, que como o próprio nome informa é a quantidade de absorção em porcentagem que o produto consegue absorver do calor. Outro dado para completar os três principais fenômenos físicos que acontecem em um objeto ao receber incidência solar, é a transmitância térmica, que é definida como o fluxo de calor que, na unidade de tempo e por unidade de área, passa através do vidro, para uma diferença unitária entre as temperaturas do ar em contato com cada uma das faces desse mesmo componente. A transmitância é, portanto, um indicador do desempenho térmico (em regime térmico permanente) dos respectivos vidros (CEBRACE, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise de desempenho acústico de esquadrias, e térmico dos vidros, foi realizada na cidade de Treze Tílias – SC, onde foram utilizadas diferentes esquadrias de alumínio e tipos de vidros fornecidos pela empresa RC Montana. Para tanto buscou-se avaliar o desempenho

acústico de esquadrias com diferentes composições, além do desempenho térmico de tipos distintos de vidros, conforme relatado a seguir.

3.1 AVALIAÇÃO ACÚSTICA

Os ensaios foram realizados em uma cabine de testes fornecida pela empresa, conforme mostra a Fotografia 1, a qual possui dimensões internas de 100 cm de largura, 75 cm de profundidade e 120 cm de altura. Foram realizados os testes em cada tipologia de esquadria utilizando a mesma metodologia de ensaio, para depois serem comparados os resultados finais de desempenho acústico.

Fotografia 1 - Cabine de testes



Fonte: os autores.

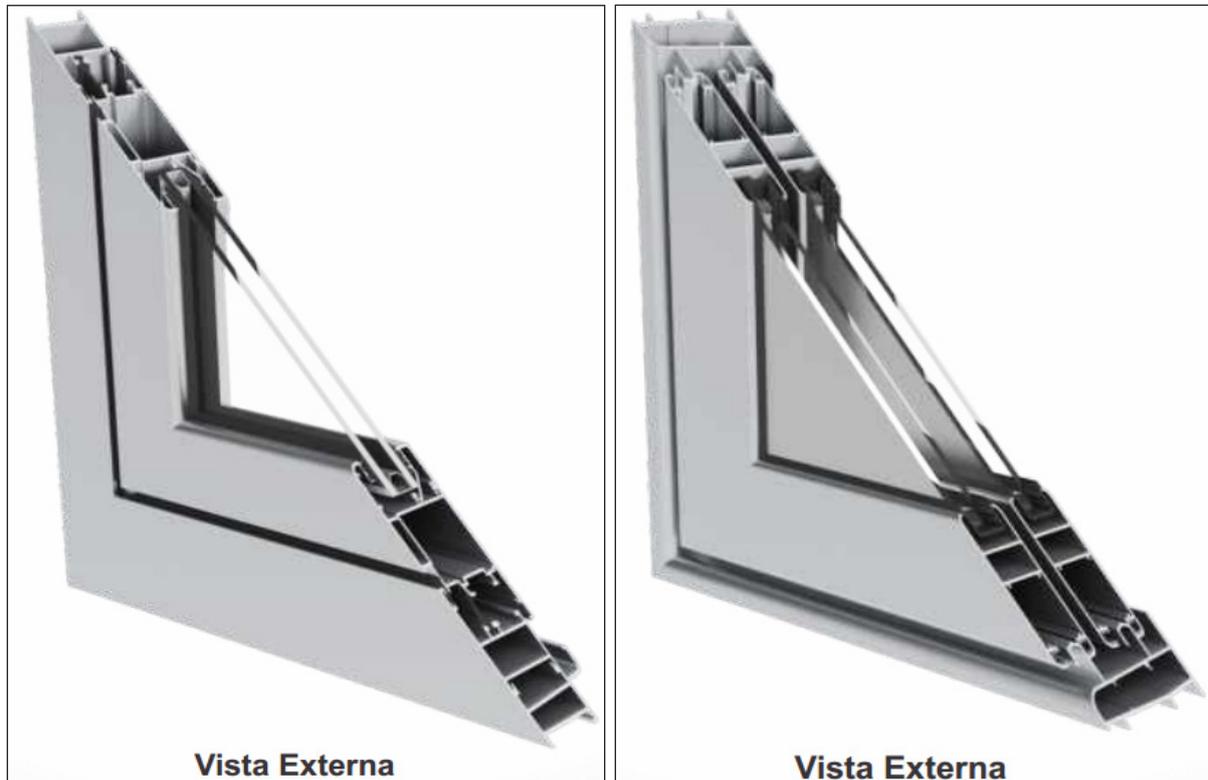
A cabine de testes foi feita em toda sua estrutura com aço carbono SAE 1020 na forma de perfis tubulares revestidos com lã de rocha. As laterais, parte superior e inferior fechadas com MDF de 18 mm, e internamente revestidas com espumas acústicas. Todos os cantos devidamente selados com silicone acético.

3.1.1 Materiais utilizados

Para os ensaios de desempenho acústico, foram testadas as esquadrias nas tipologias oscilo-batente (abre e tomba) de uma folha (Esquadria A) e de correr duas folhas (Esquadria

B) da linha Komfort da empresa RC Montana. Esta linha é composta de perfis em câmara europeia de bitola 42 mm, com cortes em 45 graus para melhor eficiência termo acústica, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - (a) Esquadria A - Linha Komfort - Tipologia Oscilo-batente (vista externa) e (b) Esquadria B - Linha Komfort - Tipologia de Correr 2 folhas (vista externa)



(a)

(b)

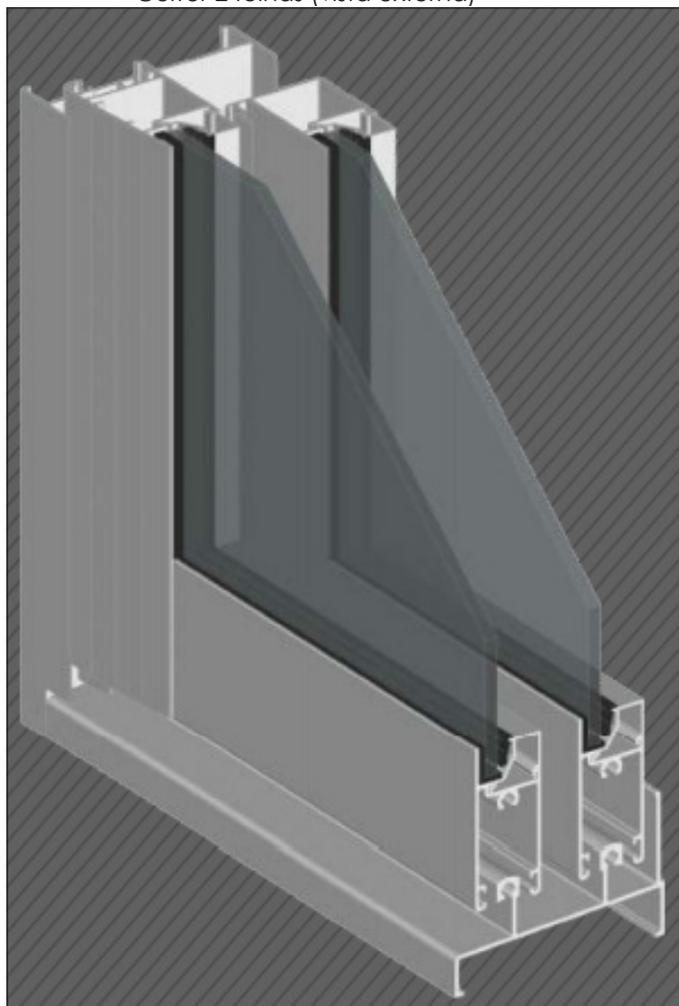
Fonte: RC Montana (2019).

As tipologias da linha Komfort foram testadas com três diferentes tipos de vidro sendo:

- a) Vidro (1): Vidro insulado duplo de composição: vidro incolor 4 mm + câmara de 12 mm de gás desidratado + vidro laminado incolor 3 mm + PVB (polivinil butiral) acústico incolor + vidro incolor 3mm, somando um total de 22 mm;
- b) Vidro (2): Vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo cinza 4 mm + PVB (polivinil butiral) incolor + vidro incolor 4 mm;
- c) Vidro (3): vidro monolítico float incolor 4 mm.

Também foram testadas para fins de comparação a "Linha Leben" da empresa RC Montana, na tipologia de correr duas folhas (Esquadria C) com os vidros refletivo cinza 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm (Vidro 2) e vidro monolítico float incolor 4 mm (Vidro 3). Esta linha é semelhante a uma linha convencional de alumínio de bitola 25 mm, com os cortes em 90 graus, conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 - Esquadria C: Linha Leben - Tipologia de Correr 2 folhas (vista externa)



Fonte: RC Montana (2019).

Todas as esquadrias utilizadas nos ensaios, foram fabricadas em alumínio de liga 6060-T5, com componentes e guarnições específicas em conformidade com as orientações da norma NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Em resumo, foram realizados ensaios em três esquadrias diferentes, sendo:

- a) Tipologia Oscilo-batente – Linha Komfort
- b) Tipologia de Correr 2 folhas – Linha Komfort
- c) Tipologia de Correr 2 folhas – Linha Leben

Para as esquadrias A e B testou-se as seguintes composições de vidros:

1. Vidro insulado 4 + 12 + 3+3 mm;
2. Vidro laminado 4+4 mm;

3. Vidro monolítico 4 mm.

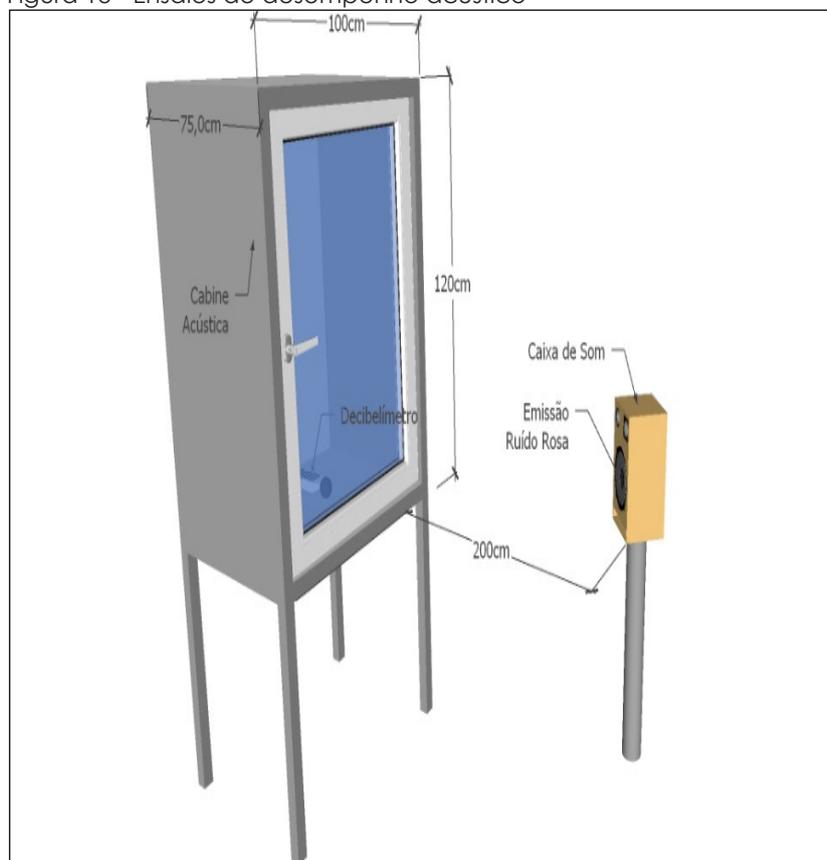
Para a esquadria C testou-se as seguintes composições de vidros:

1. Vidro laminado 4+4 mm;
2. Vidro monolítico 4 mm.

3.1.2 Ensaios de desempenho acústico

O método de avaliação da eficiência acústica seguiu os procedimentos técnicos detalhados pela norma NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), com modificações pelas questões da dimensão da cabine de testes e emissão de ruído específico pelo sonômetro. O método adotado para este estudo, foi semelhante ao exemplo que consta na norma, iniciando com a emissão de ruído rosa, que é utilizado pelos principais institutos qualificados para testes de esquadrias, a 2 metros de distância da cabine de testes, com leitura de dados em três diferentes pontos, durante 30 segundos em cada ponto, conforme mostra a Figura 13.

Figura 13 - Ensaios de desempenho acústico



Fonte: os autores.

A leitura dos dados foi feita através de gravação, com celular dentro da cabine, dos valores lidos pelo decibelímetro durante o ensaio. Em seguida foi feito o registro dos dados no computador, a cada segundo, durante 30 segundos por ponto. Na sequência foi calculada a média logarítmica das 30 leituras em cada ponto, para posteriormente ser feita a média logarítmica dos 3 pontos (Equação 1) para assim encontrar o nível de pressão sonora LAeq, conforme orienta a NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

$$LAeq = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{3} \times \left(10^{\frac{LAeq,30s,p1}{10}} + 10^{\frac{LAeq,30s,p2}{10}} + 10^{\frac{LAeq,30s,p3}{10}} \right) \right] \quad (1)$$

Onde:

LAeq – Nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, representativo de um ambiente.

LAeq, 30s, p1 – Nível de pressão sonora no ponto 1.

LAeq, 30s, p2 – Nível de pressão sonora no ponto 2.

LAeq, 30s, p3 – Nível de pressão sonora no ponto 3.

Os pontos de medição foram distribuídos de modo a possibilitar a representação do campo sonoro do ambiente em avaliação, de acordo com as orientações da NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), porém as distâncias mínimas previstas na norma, precisaram ser adaptadas devido ao tamanho da cabine de testes, para realização dos ensaios. Os pontos de medição se situaram a pelo menos 20 centímetros das paredes da cabine, e a distância entre cada ponto foi de pelo menos 30 centímetros. Foram aferidas as medidas dos níveis de pressão sonora através do equipamento decibelímetro, da marca Minipa, modelo MSL-1325, classificação IEC 651.

A NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) recomenda para o procedimento de medição o ajuste em campo do sonômetro com calibrador sonoro acoplado, o qual deve possuir certificado de calibração conforme especificado no Anexo B da norma. Para realização dos ensaios, o ruído autogerado foi adaptado, sendo feita a emissão de ruído rosa utilizando uma caixa de som MP3 Sound System SP191 para substituir o sonômetro, sendo emitido o ruído com uma intensidade de 85dB, calculada pela mesma Equação 1, com leitura e análise de dados durante 30 segundos.

Foram realizados os primeiros ensaios com as esquadrias de bitola 42 mm da Linha Komfort. A primeira tipologia testada foi a oscilo-batente (Esquadria A), com o vidro 1: vidro insulado duplo de composição vidro incolor 4 mm + câmara de 12 mm + vidro laminado incolor 3 mm + PVB acústico incolor + incolor 3mm, somando um total de 22 mm. Após realização dos testes de acústica, o vidro insulado foi substituído pelo vidro 2: vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo cinza 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm. Na sequência foi novamente substituído o tipo de vidro para ser testado o vidro 3: vidro monolítico incolor 4 mm, e assim realizar novamente os ensaios de acústica. Com os testes de acústica realizados

agregando os três diferentes tipos de vidros na tipologia oscilo-batente, seguiu-se o mesmo procedimento para testar a esquadria B: Esquadria de correr 2 folhas, na mesma cabine de testes, com os mesmos parâmetros de avaliação. Após a realização dos testes das esquadrias da linha Komfort de bitola 42 mm, foram realizados os testes na esquadria C: esquadria de correr 2 folhas de bitola 25 mm da linha "Leben", nos mesmos parâmetros utilizados nas demais esquadrias, utilizando primeiramente vidro monolítico incolor 4 mm (vidro 2), e na sequência substituído por vidro laminado incolor 4 mm + PVB + habitat refletivo cinza 4 mm (vidro 3).

3.2 AVALIAÇÃO TÉRMICA

3.2.1 Materiais utilizados

Para os ensaios de desempenho térmico foram testados três diferentes tipos de vidros, os mesmos utilizados nas tipologias testadas em desempenho acústico, acrescentando ensaios das quatro cores de vidro refletivo habitat existentes no mercado conforme mostra a Fotografia 2.

Fotografia 2 - Vidros habitat refletivos



Fonte: os autores.

Os vidros utilizados nos ensaios foram os descritos abaixo:

- a) Vidro insulado duplo com composição de vidro incolor 4 mm + câmara de 12 mm de gás desidratado + vidro laminado incolor 3 mm + PVB acústico incolor + incolor 3mm, somando um total de 22 mm;
- b) Vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo azul 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm;
- c) Vidro monolítico float incolor 4 mm;
- d) Vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo cinza 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm;
- e) Vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo champanhe 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm;
- f) Vidro laminado habitat refletivo na composição de refletivo esmeralda 4 mm + PVB incolor + vidro incolor 4 mm.

3.2.2 Ensaios de desempenho térmico

Todos os ensaios foram realizados com os vidros colocados em um painel de testes de aço com revestimento em poliuretano de 40 mm de espessura, com recorte para ser encaixado o vidro, como mostra a Fotografia 3. A fonte de calor foi emitida utilizando uma lâmpada infravermelha de 250W com emissão de calor constante, a aproximadamente 30 centímetros de distância do vidro, durante 5 minutos, utilizando dois termômetros para medir a temperatura interna e externa dos vidros, a cada 30 segundos, sendo realizadas 10 medições, para depois calcular a redução térmica entre a parte externa (frontal para a fonte de calor) e interna dos vidros (face oposta). Esta metodologia de testes não é normatizada, foi feita apenas para fins de comparação de eficiência térmica dos diversos tipos de vidros. Foram feitos 3 ensaios (Fotografia 3) nos mesmos parâmetros para cada tipo de vidro, sendo calculada a média aritmética dos valores medidos para assim comparar os resultados e concluir a redução térmica da parte externa para a parte interna de cada amostra.

Fotografia 3 - (a) Painel de testes térmico e (b) Ensaio de desempenho térmico



(a)
Fonte: os autores.

(b)

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Após todas as medições e cálculos em conformidade com as normas que regem os ensaios acústicos, chegou-se aos resultados apresentados a seguir. A redução sonora equivalente ponderada em A, para cada esquadria testada, pode ser observada na Tabela 6, que compara os valores entre o nível de pressão sonora externo e a média logarítmica do nível de pressão sonora interna para os 3 pontos testados em cada caso (LAeq).

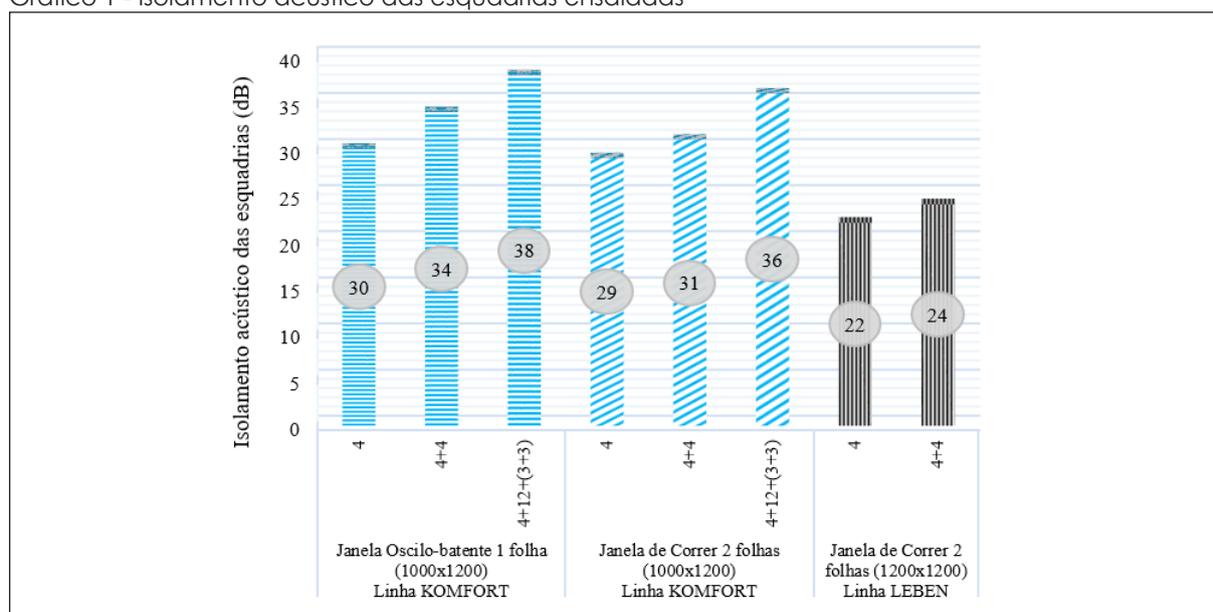
Tabela 6 - Nível de pressão sonora externo e interno

Esquadria	Tipo de Vidro/(mm)	Ruído Externo (dB)	Média log 3 pontos (dB)
A	1/(4+12+3+3)	85	47
	2/(4+4)	85	51
	3/(4)	85	55
B	1/(4+12+3+3)	85	49
	2/(4+4)	85	54
	3/(4)	85	56
C	2/(4+4)	85	61
	3/(4)	85	63

Fonte: os autores.

A comparação dos resultados pode ser melhor observada através do Gráfico 1 que mostra o valor médio de isolamento acústico (R_w) de cada configuração avaliada.

Gráfico 1 - Isolamento acústico das esquadrias ensaiadas

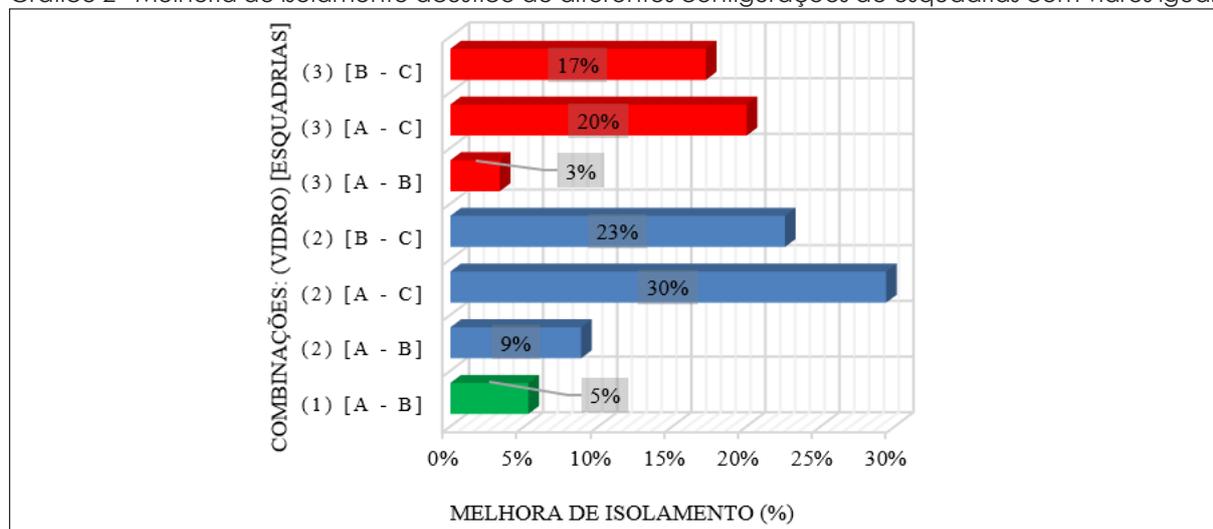


Fonte: os autores.

Analisando-se os dados percebe-se grande diferença entre os sistemas de perfis de esquadrias, com superior redução sonora da linha Komfort comparada com a linha Leben. Independentemente do tipo de vidro, a maioria das esquadrias da linha Komfort se enquadram dentro do nível A de acústica estabelecido pela NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), que estabelece uma redução sonora igual ou maior do que 30 dB. A melhor tipologia para desempenho acústico foi a oscilo-batente, que apresentou os maiores níveis de redução sonora.

A redução sonora observada com os mesmos tipos de vidros nos diferentes perfis de esquadrias pode ser comparada no Gráfico 2, onde mostra a melhoria do isolamento acústico de diferentes configurações de esquadrias com os mesmos vidros.

Gráfico 2 - Melhoria do isolamento acústico de diferentes configurações de esquadrias com vidros iguais



Fonte: os autores.

As esquadrias de correr apresentaram desempenho menor do que a oscilo-batente, sendo que a esquadria de correr 2 folhas da linha Komfort teve desempenho enquadrado no nível A de acústica, exceto quando instalada com vidro de 4 mm que chegou a redução 29 dB ficando ligeiramente abaixo do limite de 30 dB. A esquadria de correr 2 folhas da linha Leben, com vidro de 4 mm, ficou no nível C de acústica, e com vidro laminado de 4+4 mm atingiu o nível B de acústica conforme NBR 10821-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

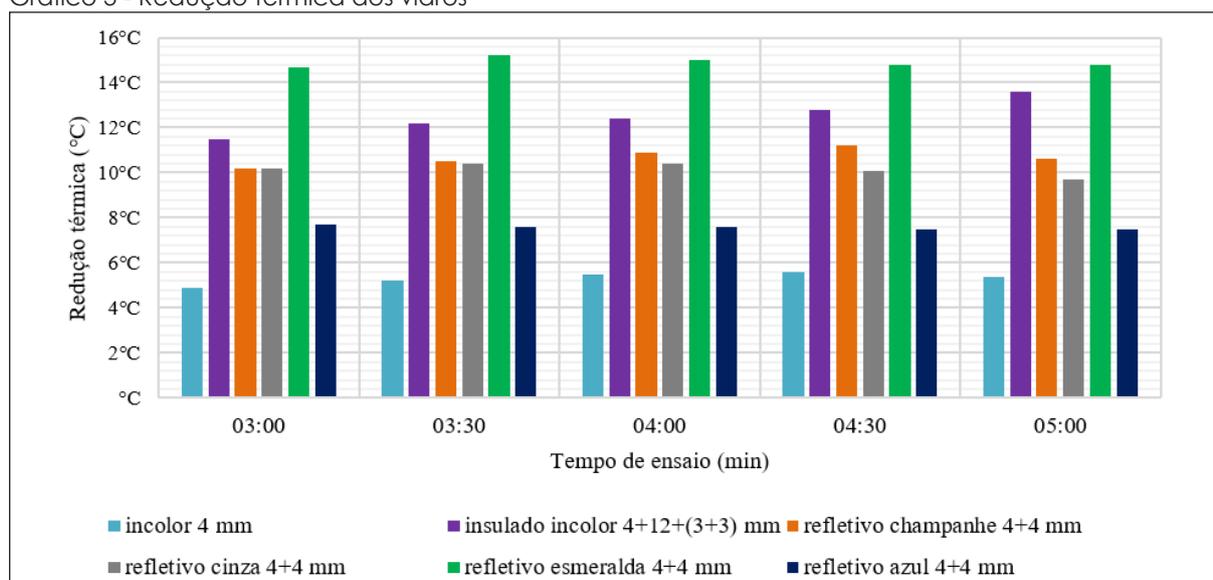
A esquadria oscilo-batente com vidro insulado obteve um desempenho acústico 5% maior do que a de correr da linha Komfort com o mesmo vidro, já com o vidro laminado teve uma melhora de quase 9% e com vidro monolítico 4 mm uma melhora de 3% na redução sonora. Comparada com a esquadria de correr da linha Leben, a oscilo-batente teve uma melhora de aproximadamente 30% no vidro laminado e 20% no vidro monolítico 4 mm. Na comparação entre as duas esquadrias de correr de bitolas diferentes, a da linha Komfort teve uma melhora de 23% utilizando vidro laminado e 17% com o vidro monolítico 4 mm.

Como esperado, quanto maior a massa maior o desempenho do sistema com os respectivos vidros, ou seja, quanto maiores as espessuras dos vidros, maiores seus níveis de redução sonora, porém os sistemas também tiveram um importante papel, com grande ênfase para a linha Komfort de bitola 42 mm que atingiu elevados níveis de redução sonora comparada a linha Leben de bitola 25 mm, com as maiores melhorias utilizando o vidro insulado duplo contendo um laminado com PVB acústico, que alcançou elevada superioridade, atingindo 38 dB de redução sonora.

4.2 RESULTADO DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO TÉRMICO DOS VIDROS

Foram realizados ensaios em 6 diferentes tipos de vidro. Cada ensaio foi realizado com 30 medições, sendo 3 ensaios com 10 medições para cada tipo de vidro, uma medição a cada 30 segundos de um total de 5 minutos, para ser feita uma média aritmética dos resultados dos 3 ensaios. A comparação dos resultados pode ser melhor observada no Gráfico 3, onde mostra o desempenho em função do tempo para cada tipo de vidro, com seus respectivos desempenhos térmicos, a partir do terceiro minuto de ensaio.

Gráfico 3 - Redução térmica dos vidros



Fonte: os autores.

Através do gráfico é possível observar que o melhor desempenho encontrado foi na cor refletivo esmeralda 4+4 mm, seguido pelos vidros insulado 4+12+(3+3) mm, refletivo champagne 4+4 mm, refletivo cinza 4+4 mm, refletivo azul 4+4 mm e por último o incolor 4 mm. O vidro insulado duplo atingiu o segundo melhor resultado de redução térmica, devido à sua massa ser superior aos demais vidros, com 22 mm de espessura, sendo comparado com os refletivos de 8 mm de espessura e monolítico incolor de 4 mm, porém ficou atrás do refletivo esmeralda, pois este conseguiu refletir mais calor e absorver menos, alcançando assim melhor desempenho nos testes.

Os vidros refletivos coloridos tiveram desempenhos diferentes devido às suas características térmicas explicadas na tabela fornecida pelo fabricante (Figura 10), porém os valores encontrados nos testes não foram condizentes com as características informadas, no que se refere à absorção, reflexão externa e transmitância térmica. A transmitância térmica informada é igual para todos os refletivos 4+4 mm, mas pode-se comparar a absorção térmica informada dos mesmos, sendo 65% para o azul, 57% para o cinza e esmeralda e 29% para o champagne. Reflexão externa informada pelo fabricante foi de 30% para a cor champagne, 26% para a cinza, 21% para a esmeralda e 18% para a azul. Os resultados de redução térmica dos refletivos coloridos foram diferentes, tendo destaque a cor esmeralda 4+4 mm, que teve a maior redução térmica, sendo seguida pelas cores champagne 4+4 mm, cinza 4+4 mm e por último azul 4+4 mm, esta ordem certamente segue o padrão de menor para maior pigmentação nas cores dos vidros, sendo assim pode-se explicar a redução térmica pois as cores mais pigmentadas absorvem mais calor e refletem menos que as demais. Pode ser justificado a cor azul ter apresentado a menor redução térmica pois é a cor que tem maior índice de absorção (65%), porém a maior redução se deu na cor esmeralda que tem absorção de 29% e reflexão externa de 21%, sendo estes valores intermediários perante as demais cores. Como este ensaio não é normatizado, nem mesmo realizado pelos institutos

certificados, pode-se justificar os resultados por possível diferença entre a pigmentação das amostras, equipamentos utilizados para as medições, e até mesmo pela isolação de cada amostra no painel de testes.

5 CONCLUSÃO

Com a análise dos dados dos ensaios de desempenho acústico apresentados, pode-se concluir que o sistema de perfis de uma esquadria tem grande influência no desempenho acústico do conjunto, sendo que a esquadria oscilo-batente da linha Komfort de bitola 42 mm obteve a melhor isolação perante aos demais conjuntos avaliados neste estudo, devido ao seu sistema de fechamento possuir melhor vedação.

Os painéis de vidros utilizados também influenciam na acústica da esquadria, sendo que quanto maior a massa do conjunto melhor seu desempenho, sendo que o vidro insulado composto por um vidro 4 mm + câmara de 12 mm + laminado 3+3 mm agregado com PVB acústico apresentou os melhores resultados.

Para os ensaios de desempenho térmico dos vidros é difícil encontrar valores condizentes aos especificados pelo fabricante, pois atualmente não existem testes térmicos semelhantes, e são muitos fatores levados em consideração para se aferir a medição de temperatura de um vidro, não só a absorção, reflexão externa e transmissão, mas a variação climática, vento, ambiente de ensaios, equipamentos, entre outros. Entretanto foi possível notar nos ensaios realizados, que os vidros refletivos laminados 4+4 mm possuem desempenho semelhante e até mesmo superior na cor esmeralda, comparado ao vidro insulado duplo incolor 4+12+(3+3) mm.

De modo geral, é muito importante o conhecimento referente ao desempenho dos sistemas de esquadrias com diferentes tipos de vidros para especificar a melhor tipologia em qualquer projeto, trazendo o maior benefício térmico e acústico, além de economia de energia e conforto para os usuários.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151 – Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-4 - Esquadrias para edificações.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1 - Edificações habitacionais - Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4 - Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16023 - Vidros revestidos para controle solar – Requisitos, classificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho.** São Paulo, 2013.

CEBRACE. **Dados técnicos habitat.** São Paulo, 2018. 15 de maio 2019. 1 mensagem eletrônica.

DUFROYER, Remy. **O papel do vidro e da esquadria no conforto acústico.** São Paulo, 2018.

GREVEN, Hélio A; FAGUNDES, Hilton A.V; EINSFELDT, Alan A. **ABC do conforto acústico.** 2006. Disponível em: <http://www.gdkds.com.br/catalogos/DRYWALL/ABC%20Conforto%20Ac%C3%BAstico.pdf>. Acesso em: 07 maio 2019.

Hydro. **Esquadrias – Desempenho Acústico e NBR 15.575.** Oslo, Noruega, 2019.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações.** Laboratório de eficiência energética em edificações. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf. Acesso em: 07 maio 2019.

MARTINS, João Alcino. **Ruído Urbano – Aspecto Industrial.** São Paulo, 1995.

MINISTÉRIO DE ESTADO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia.** 2018. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>. Acesso em: 07 de maio 2019.

NEWTON, C. Braga. **Electronic Projects from the Next Dimension.** Newnes. Austrália, 2001.

RC MONTANA. **Catálogo técnico de esquadrias.** 2019. Cedido pelo proprietário da empresa.