

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DELTON LÚCIO SENA RODRIGUES

**DESEMPENHO TERMO-ACÚSTICO DE UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE
CONSTRUÍDA EM LIGHT STEEL FRAMING**

FORMIGA – MG

2015

DELTON LÚCIO SENA RODRIGUES

DESEMPENHO TERMO-ACÚSTICO DE UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE
CONSTRUÍDA EM LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi.

Formiga – MG

2015

R696 Rodrigues, Delton Lúcio Sena.
Desempenho termo-acústico de uma Unidade Básica de Saúde
construída em Light Steel Framing / Delton Lúcio Sena Rodrigues. –
2015.
67 f.

Orientador: Michael Silveira Thebaldi.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro
Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga, 2015.

1. Light Steel Framing. 2. Desempenho termo-acústico. 3. Ambiência.
I. Título.

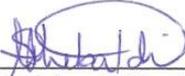
CDD 620.2

Delton Lúcio Sena Rodrigues

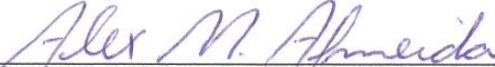
DESEMPENHO TERMO-ACÚSTICO DE UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE
CONSTRUÍDA EM LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
Orientador



Prof. Dr. Alex Magalhães de Almeida
UNIFOR-MG



Prof. Samuel da Silva Ribeiro
UNIFOR-MG

Formiga, 9 de novembro de 2015.

À minha família,
À minha companheira, amiga e namorada, Nayara,
Aos meus familiares,
Aos meus colegas de curso,
Ao meu orientador Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
A todos os meus professores,
A todos aqueles que torceram e acreditaram que eu era capaz.

RESUMO

A qualidade de um ambiente é medida através do nível de satisfação de seus usuários, e neste contexto vários fatores externos e internos devem ser levados em consideração como, por exemplo, o clima local, a incidência de luz solar, a ventilação, umidade relativa do ar, materiais utilizados para a construção e muitos outros. Assim, pretende-se avaliar o desempenho térmico e acústico de uma unidade básica de saúde na cidade de Candeias, Minas Gerais, totalmente executada no modelo construtivo de *Light Steel Framing*. Os resultados das medições *in loco* foram comparados aos requisitos mínimos exigidos pelas normas referentes ao conforto térmico e acústico, NBR 15575/2013, NBR 10152/1987 e da ISO 140/1998. Entretanto, no Brasil não há, até o momento, uma norma específica para a avaliação do desempenho de uma unidade básica de saúde construída em LSF. Portanto os resultados obtidos foram relacionados aos requisitos das normas para um hospital construído com alvenaria comum de blocos e argamassa e, em sua maioria, ficaram abaixo dos índices mínimos exigidos pelas normas, fazendo com que o sistema construtivo *Light Steel Framing* não forneça o conforto, tanto térmico quanto acústico, aos usuários da UBS.

Palavras-chave: Light Steel Framing. Desempenho termo-acústico. Ambiência.

ABSTRACT

The quality of an environment is measured by the satisfaction of its members, and in this context various external and internal factors should be taken into account, for example, the local climate, the incidence of sunlight, ventilation, humidity air, used for building materials and many others. Thus, we intend to evaluate the thermal and acoustic performance of a basic health unit in the city of Candeias, Minas Gerais, fully executed in constructive model of *Light Steel Framing*. The results of on-site measurements were compared to the minimum requirements of the standards relating to thermal and acoustic comfort, NBR 15575/2013, NBR 10152/1987 and ISO 140/1998. However, in Brazil there is, to date, a standard specific to evaluating the performance of a basic health unit built in LSF. Therefore the results were related to the requirements of the standards for a hospital built with common masonry blocks and mortar and, in most cases, were below the minimum levels required by the standards, causing the building system Light Steel Framing does not provide comfort, both thermal as acoustic, the UBS users.

Keywords: Light Steel Framing. Thermo-acoustic performance. Ambience.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Nivelamento do terreno para execução do radier _____	18
Figura 2 - Fôrmas para execução das lajes do radier na superfície do terreno _____	18
Figura 3 - Corte esquemático de uma laje radier _____	19
Figura 4 - Escoramento do painel durante a montagem _____	20
Figura 5 - Fixação provisória do perfil com pinos de aço _____	20
Figura 6 - Ancoragem com pino a pólvora _____	21
Figura 7 - Perfis ancorados e com instalação das portas de vidro _____	22
Figura 8 - Telhado em aço galvanizado em uma estrutura de LSF _____	24
Figura 9 - Execução de uma laje úmida _____	24
Figura 10 - Juntas de placas e de painéis não devem coincidir _____	26
Figura 11 - Detalhe das juntas de dilatação invisíveis _____	26
Figura 12 - Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras _____	28
Figura 13 - Intensidades sonoras percebidas pelo ouvido humano. _____	33
Figura 14 - Fenômenos de propagação do som _____	38
Figura 15 - Fachada norte da UBS analisada no município de Candeias – MG. _____	39
Figura 16 - Termo-higrômetro usado nas medições térmicas. _____	40
Figura 17 - Decibelímetro utilizado nas medições acústicas. _____	42
Figura 18 - Posicionamentos do decibelímetro para medição em diferentes áreas da UBS avaliada. _____	43
Figura 19 - Posicionamento dos pontos de emissão de ruídos da área 1. _____	43
Figura 20 - Pontos de emissão de ruídos da área 2. _____	44
Figura 21 - Pontos de emissão de ruídos da área 3. _____	44
Figura 22 - Pontos de emissão de ruídos da área 4. _____	45
Figura 23 - Pontos de emissão de ruídos da área 5. _____	45
Figura 24 - Pontos de emissão de ruídos da área 6. _____	46
Figura 25 - Planta baixa - UBS Minas - Tipo 01 - Térrea - 02 lotes com as marcações das áreas de coleta de dados. _____	47
Figura 26 - Primeira área de medições - Sala de educação e reunião _____	48
Figura 27 - Segunda área de medições - Sala de espera _____	48
Figura 28 - Terceira área de medição - Sala de cuidados básicos _____	49
Figura 29 - Quarta área de medições - Consultório odontológico _____	49
Figura 30 - Quinta área de medições - Sala dos agentes de saúde _____	50

Figura 31 - Sexta área de medições - Vestiário masculino	50
Gráfico 1- Comparação do PIB na Construção Civil com o PIB brasileiro	17
Gráfico 2 – Comparação das temperaturas internas com a externa, da área 1.	52
Gráfico 3 - Comparativo das temperaturas internas com a externa, da área 2.	53
Gráfico 4 - Comparativo entre as temperaturas internas e externa da área 3 da UBS construída em LSF.	54
Gráfico 5 - Comparativo das temperaturas internas com a externa, da área 4.	55
Gráfico 6 - Comparativo das temperaturas internas com a temperatura externa da área 5.	56
Gráfico 7 - Comparativo das temperaturas internas com a temperatura externa da área 6.	57
Gráfico 8 - Intensidades sonoras dos pontos da área 1.	59
Gráfico 9 - Intensidades sonoras nos pontos da área 2.	60
Gráfico 10 - Intensidades sonoras dos pontos da área 3.	61
Gráfico 11 - Intensidades sonoras dos pontos da área 4.	62
Gráfico 12 - Intensidades sonoras dos pontos da área 5.	63
Gráfico 13 - Intensidades sonoras dos pontos da área 6.	64
Quadro 1 - Tipos de perfis mais utilizados em estruturas de LSF.	23
Quadro 2 - Dados de algumas cidades Brasileiras.	29
Quadro 3 - Dados de dias típicos de verão de algumas cidades Brasileiras.	31
Quadro 4 - Dados de dias típicos de inverno de algumas cidades Brasileiras.	32
Quadro 5 - Intensidades sonoras características.	34
Quadro 6 - Quantidade de medições variando de acordo com a quantidade de fontes de ruído.	36
Quadro 7 – Valores para conforto acústico em dB(A) e níveis de ruídos (NC).	37
Quadro 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados das medições térmicas da área 1. _____	51
Tabela 2 – Resultados das medições térmicas da área 2. _____	52
Tabela 3 - Dados das medições térmicas da terceira área. _____	53
Tabela 4 - Dados das medições térmicas da área 4. _____	54
Tabela 5 - Dados das medições térmicas da área 5. _____	55
Tabela 6 - Resultados das medições térmicas da área 6. _____	56
Tabela 7 - Dados das medições acústicas da área 1. _____	58
Tabela 8 - Dados das medições acústicas da área 2. _____	59
Tabela 9 - Dados das medições acústicas da área 3. _____	60
Tabela 10 - Dados das medições acústicas da área 4. _____	61
Tabela 11 - Dados das medições acústicas da área 5. _____	62
Tabela 12 - Dados das medições acústicas da área 6. _____	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBCA: Centro Brasileiro da Construção em Aço

CBIC: Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CNI: Confederação Nacional da Indústria

dB: Decibel

dB(A): Decibel na escala A

EUA: Estados Unidos da América

Hz: Hertz

ISO: International Organization for Standardization. (Organização Internacional para Padronização – português)

LSF: Light Steel Framing

MG: Minas Gerais

NC: Curva de ruídos

NBR: Norma Brasileira

OSB: Oriented Strand Board

PIB: Produto Interno Bruto

UBS: Unidade Básica de Saúde

Ue: Perfil “U” enrijecido

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

°C: Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	Geral	15
2.2	Específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Construção civil no Brasil	16
3.2	LIGHT STEEL FRAMING	17
3.2.1	Fundação	17
3.2.2	Painéis	19
3.2.3	Cobertura	23
3.2.4	Vedações	24
3.2.5	Painel de OSB	25
3.2.6	Placa cimentícia	25
3.2.7	Placa de gesso acartonado	26
3.3	CONFORTO TÉRMICO PREDIAL	27
3.4	ISOLAMENTO ACÚSTICO	33
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	Área de estudo	39
4.2	Edificação analisada	39
4.3	Métodos de avaliação térmica e acústica	40
4.3.1	Medições térmicas	40
4.3.2	Medições acústicas	41
4.4	Áreas das medições	46
4.5	Pontos das medições	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	Avaliação de desempenho térmico	51

5.1	Avaliação de desempenho acústico	58
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Um sistema novo de construção, o *Light Steel Framing* (LSF), foi introduzido no Brasil no final da década de 90 por profissionais que conheceram a técnica no exterior. O sistema LSF é bastante utilizado em países como EUA, Canadá, França, Austrália e Japão, em construções domiciliares e comerciais.

A avaliação dos sistemas construtivos é um avanço para o setor, e constitui o caminho para evolução de todos que compõem a cadeia da construção civil. Dentre as avaliações necessárias para garantia de conforto aos usuários de prédios, estão os confortos térmico e acústico, que são intimamente afetados pelo meio em que se encontra executada a obra.

A poluição gerada pelo homem afeta o clima, o que causa na maioria da população, o desconforto térmico, que influencia diretamente na qualidade de vida das pessoas. Ruídos, buzinas, automóveis, canteiros de obras, entre outros, são causas do desconforto acústico. Assim, faz-se importante avaliar se as novas técnicas construtivas proporcionam certo conforto, tanto térmico quanto acústico, atendendo aos requisitos das normas, pois elas podem vir a substituir modelos construtivos adotados há vários e vários anos.

Dada à existência de normas que regularizam o conforto térmico e acústico em edificações residenciais, o presente trabalho avaliou se na prática o sistema LSF atende aos requisitos impostos pelas normas, através de medições em campo, em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) no município de Candeias – MG, construída sob este sistema.

Esta UBS, em sua construção, seguiu as técnicas construtivas descritas no caderno de especificações para projeto executivo de arquitetura para unidades básicas de saúde do estado de Minas Gerais, do 2º semestre de 2013.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o conforto térmico e acústico de uma Unidade Básica de Saúde (UBS) construída em LSF através de medições in loco, obedecendo aos critérios descritos nas normas e ISOs referentes a conforto térmico e acústico de edificações.

2.2 Específicos

- Obter os índices de conforto acústico da UBS, através do “Método simplificado de campo” descrito na ISO 140/1998;
- Obter os índices de conforto térmico da UBS, através do Procedimento 2 – Medição in loco, da NBR 15575-1 e devido às dificuldades de se adotar os procedimentos 1A e 1B da referida norma;
- Comparar os resultados obtidos com os critérios estabelecidos pelo Guia Orientativo da Norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e das normas relativas aos desempenhos térmico e acústico, pela NBR 10152 (ABNT, 1987) e ISOs 10052, 717-2 e 140-1.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Construção civil no Brasil

Construção Civil é o nome dado a todo tipo de construção que interaja com uma comunidade, cidade ou população. O nome Construção Civil é usado até hoje, pois antigamente, a engenharia era dividida em duas grandes áreas: civil e militar. Com o tempo, tal divisão foi perdendo seu efeito, e hoje compreendemos por construção civil tudo o que engloba a participação de engenheiros e arquitetos civis em conjunto com outros profissionais de outras áreas de conhecimento (Mikail, 2013).

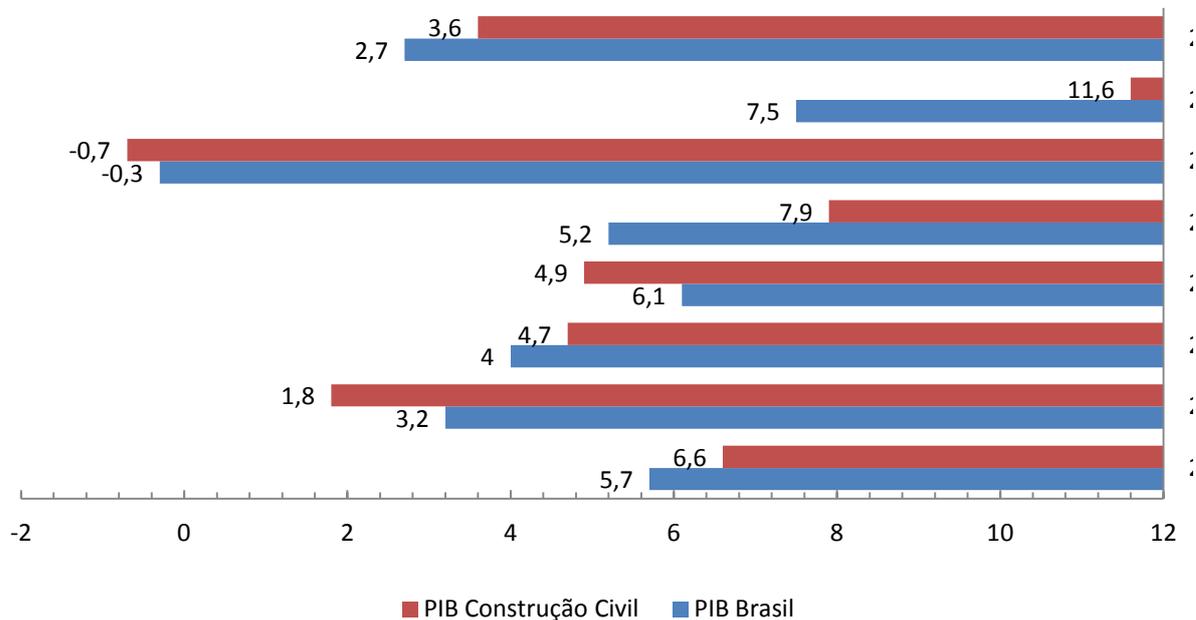
O primeiro grande crescimento da Construção Civil brasileira aconteceu na década de 1940, durante o governo de Getúlio Vargas. O forte investimento estatal no desenvolvimento de estrutura para a construção civil e militar fez com que a década fosse considerada o auge da construção civil no Brasil. Na década de 1980 começa a haver um retorno do capital privado na construção civil e, em 1990, já começava a haver uma preocupação maior com a qualidade do produto final, passando as construtoras a qualificar mais a mão de obra de suas equipes (Mikail, 2013).

Ainda segundo o mesmo autor, atualmente, o cenário da construção está em evidente desenvolvimento, aprimorando técnicas, implantando novos sistemas construtivos, enfim, o cenário brasileiro está favorável ao setor. A parcela emergente da classe C fez com que um aquecimento constante tomasse as rédeas do mercado imobiliário nacional, fazendo com que o setor da construção civil fique cada vez mais solicitado.

Finkel (1997) aborda que, a influência significativa do Estado é como demandante de produtos e serviços finais prestados pela construção. O desenvolvimento econômico de nosso país tem contribuído para o fortalecimento da economia devido a disponibilização do crédito, taxas de juros o que favorece os investimentos no setor.

A construção civil no país é crescente e infere o desenvolvimento econômico e a geração de emprego, portanto, é uma atividade que se encontra relacionada a diversos fatores que contribuem para o desenvolvimento regional, a geração de empregos e a mudanças para a economia. Para comprovar este fato, o Gráfico 1 apresenta a comparação entre o PIB na Construção Civil e o PIB brasileiro, através de dados recolhidos pelo IBGE no ano de 2012.

Gráfico 1- Comparação do PIB na Construção Civil com o PIB brasileiro



Fonte: IBGE, 2012.

3.2 LIGHT STEEL FRAMING

O sistema LSF é muitas vezes confundido com o sistema de placas de gesso para Drywall. O que difere um sistema do outro é que no LSF há a presença de perfis de aço galvanizado que formam toda a estrutura do sistema. A seguir, serão descritas as etapas construtivas e elementos que compõem este sistema recém implantado no Brasil.

3.2.1 Fundação

A estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outros tipos de estruturas pelo fato de serem mais leves. Os tipos mais utilizados em uma construção de LSF são o radier e a sapata corrida. São realizadas da mesma forma como no processo de construção convencional e deve-se observar atentamente o isolamento contra umidade (BATTISTELA, 2011 apud FREITAS, 2006). Na Figura 1 pode-se observar o nivelamento do terreno para a execução da fundação tipo radier.

Figura 1 - Nivelamento do terreno para execução do radier



Fonte: Arquivo da Prefeitura Municipal de Candeias/MG, 2014.

É importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implicam em maior eficiência do sistema estrutural, uma vez que a fundação deverá suportar os painéis em toda a sua extensão, levando em consideração que o tipo de fundação vai depender de alguns fatores como a topografia, tipo de solo, nível do lençol freático e a profundidade de solo firme (Freitas, 2006).

O radier é constituído por uma laje de concreto armado, executada próxima à superfície do terreno. A preparação das fôrmas para concretagem da fundação que receberá todo o apoio da estrutura é mostrada na Figura 2. O solo age como um meio elástico formando infinitas molas que agem sob a porção inferior da placa, gerando uma reação proporcional ao deslocamento (TERNI; SANTIAGO; PINHANERI, 2008).

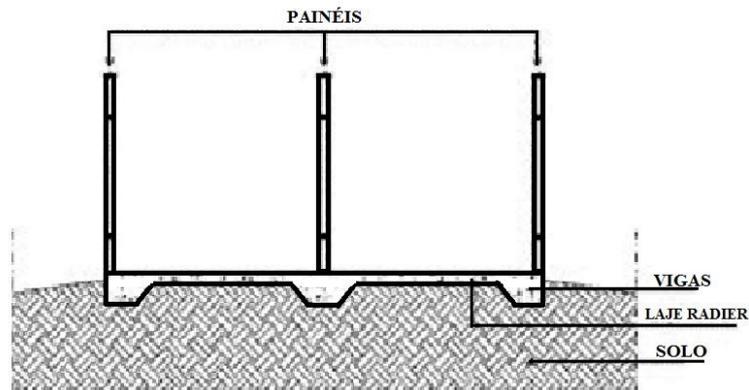
Figura 2 - Fôrmas para execução das lajes do radier na superfície do terreno



Fonte: Arquivo da Prefeitura Municipal de Candeias/MG, 2014.

É um tipo de fundação rasa que estruturalmente, pode ser liso ou formado por lajes com vigas de borda e internas para aumentar sua rigidez (Figura 3). Sempre que o terreno permite, o radier é o tipo de fundação mais utilizado em LSF (Freitas, 2006).

Figura 3 - Corte esquemático de uma laje radier



Fonte: Steel Framing: Arquitetura. CBCA, 2006

3.2.2 Painéis

Segundo o Projeto Executivo de Arquitetura para UBS de Minas Gerais (2013), com a fundação pronta, nivelada, limpa e em esquadro, deve-se aplicar uma fita isolante (pode ser de neopreme) na alma da guia inferior. A montagem se inicia com o painel exterior em um canto, ao se posicionar o painel no local correto, deve se realizar o escoramento provisório com recortes de perfis U e Ue com a finalidade de se ajustar esquadro e nível. Depois de conferido o posicionamento do painel, efetua-se a ancoragem provisória, verificando que a posição dos mesmos não coincida com as ancoragens definitivas. Em seguida coloca-se o segundo painel exterior perpendicular ao primeiro, formando a primeira “esquina” da construção. Um exemplo de escoramento dos painéis durante a montagem pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Escoramento do painel durante a montagem



Fonte: Steel Framing: Arquitetura. CBCA, 2006

Verifica-se o nível e o esquadro e então se fixa o escoramento posteriormente à ancoragem provisória, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Fixação provisória do perfil com pinos de aço



Fonte: Steel Framing: Arquitetura. CBCA, 2006

Continua-se a montagem com a colocação dos painéis perimetrais da edificação, e por sua vez, alguns painéis internos que proporcionem rigidez ao conjunto e sirvam para manter o esquadro e o nível dos painéis externos. A localização dos painéis interiores pode ser feita com marcações nos contrapiso executadas com fio traçante, instrumento utilizado no sistema “drywall”. A fixação entre os painéis deve ser feita com parafusos auto-atarraxantes estruturais nas almas dos perfis de encontro, distanciados a cada 0,2 m, formando uma

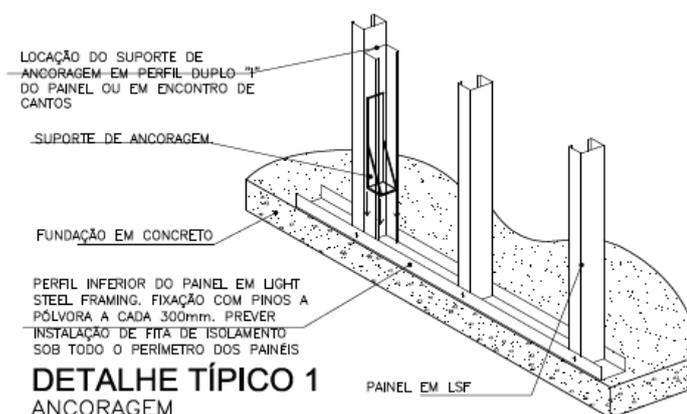
“costura”, isto é, formando um caminho diagonal ao logo da alma. Após a montagem de todos, só então, inicia-se a colocação das placas de fechamento externas, que devem ser instaladas em uma das extremidades da edificação obedecendo à modulação. Primeiro são colocados os painéis da primeira linha e depois é colocada uma segunda linha e assim sucessivamente de baixo para cima (Caderno de especificações para UBS de Minas Gerais, 2013).

A ancoragem dos painéis na fundação pode ser feita por dois métodos: - a ancoragem com chumbadores (que garantam a transferência das cargas da edificação para a fundação e desta para o terreno); e a ancoragem química com barra roscada.

A ancoragem química com barra roscada é colocada depois da concretagem da fundação. Consiste em uma barra rosqueada com arruela e porca, que é colocada no concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química formando uma interface resistente com o concreto. A fixação à estrutura se dá por meio de uma peça em aço que é conectada à barra roscada e à guia e aparafusada ao montante geralmente duplo (CRASTO; FREITAS, 2006).

Na Figura 6 tem-se o esquema de ancoragem tipo chumbador, com a utilização de pino e pólvora.

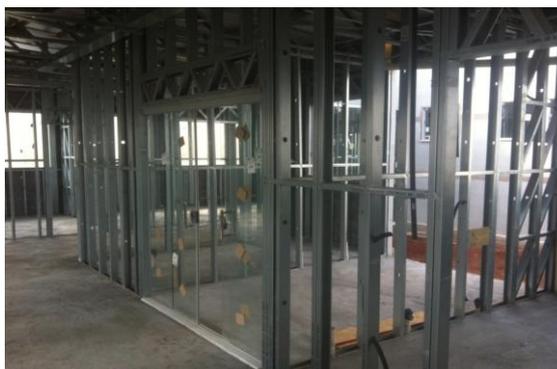
Figura 6 - Ancoragem com pino a pólvora



Fonte: Arquivo da Prefeitura Municipal de Candeias/MG, 2013.

Os perfis montados, ancorados e já com a instalação das portas e janelas, podem ser vistos na Figura 7.

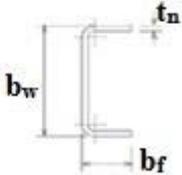
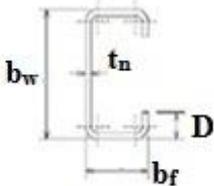
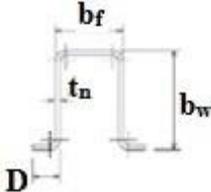
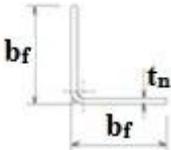
Figura 7 - Perfis ancorados e com instalação das portas de vidro



Fonte: Arquivo da Prefeitura Municipal de Candeias/MG, 2014.

Para utilização em estruturas de LSF, os perfis mais usados são, o perfil U e U enrijecido (Ue), mas existem outros perfis que também podem ser incorporados à uma estrutura de LSF dependendo das necessidades do projeto. Os tipos de perfis mais utilizados em LSF, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de perfis mais utilizados em estruturas de LSF.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $U_e\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola $Cr\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L\ b_{11} \times b_{12} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: Steel Framing: Arquitetura. CBCA, 2006

3.2.3 Cobertura

A estrutura de um telhado inclinado em LSF é semelhante a de um telhado convencional, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados (Figura 8), e para possibilitar o princípio de estrutura alinhada, a alma dos perfis que compõem tesoura ou caibros deve estar alinhada a alma dos montantes dos painéis de apoio e suas seções em coincidência de modo que a transmissão de cargas seja axial (Caderno de especificações para UBS de Minas Gerais, 2013).

Figura 8 - Telhado em aço galvanizado em uma estrutura de LSF



Fonte: Blog aprendiz de arquiteto, 2014.

Na utilização de lajes molhadas (úmidas), são instalados os perfis galvanizados tipo cantoneira na borda da laje e a chapa de aço ondulada que serve de fôrma para o preenchimento do concreto magro que origina o contrapiso; a laje seca, porém só deve ser executada após a colocação da cobertura, a fim de que o piso de OSB fique exposto a intempéries, conforme a Figura 9. Independente do tipo de laje escolhida, devem ser previstos espaços de apoio dos painéis portantes internos e externos diretamente sobre a estrutura e não sobre o contrapiso (Freitas, 2006).

Figura 9 - Execução de uma laje úmida



Fonte: Biblioteca digital da UFMG, 2013.

3.2.4 Vedações

Para fechamentos externos, devem ser levadas em conta as intempéries, a fim de que não prejudique o material escolhido. Como componentes externos, podemos citar as placas cimentícias e a placa de OSB (Oriented Strand Board); para os fechamentos internos, podemos utilizar as placas de gesso acartonado (TERNI et al., 2008).

As vedações devem atender aos critérios de satisfação e às exigências do usuário, para isso a norma ISO 6241/1984, estabelece requisitos em relação a segurança estrutural, segurança contra fogo, durabilidade economia, conforto visual, conforto termo acústico, entre outros (Freitas, 2006).

Deve-se tomar um cuidado especial com a colocação das placas externas e suas juntas, considerando no projeto de paginação das páginas as juntas de movimentação, levando em consideração o tipo de placa e revestimento utilizado (TERNI et al., 2008).

3.2.5 PAINEL DE OSB

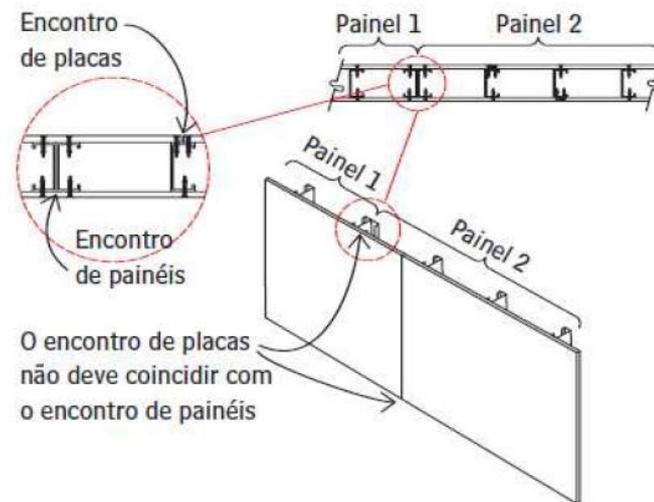
O painel de OSB, também pode ser utilizado, e auxilia no contraventamento das paredes, pois é instalado diretamente na estrutura e sobre ele deve ter um revestimento de uma manta fixada por grampos, para não deixar que a umidade penetre, porém se for utilizado revestimento com argamassa, precisa ser fixada uma tela sobre a manta (TÉCHNE, 2008).

Os painéis de OSB não devem ser expostos à intempéries, pois possuem uma relativa resistência a umidade. As juntas de dilatação devem ser previstas e ter um espaçamento de 3 mm incluindo todo o seu perímetro, as juntas verticais devem estar sempre sobre os montantes e aparafusadas, e quando as paredes tiverem dimensões superiores a 24 m devem ser previstas juntas de movimentação (FREITAS, 2006).

3.2.6 PLACA CIMENTÍCIA

O fechamento com placa cimentícia é mais compatível com o sistema, pois suas placas são leves, pequena espessura, impermeáveis, resistentes aos impactos, baixa condutividade térmica, durabilidade, permite diversos acabamentos. Para utilização dessas placas deve-se evitar coincidir as juntas internas com as externas (Figura 10), evitar que os quatro vértices se encontrem num mesmo ponto, evitar que as juntas verticais dos batentes das portas ou janelas sigam até o teto e evitar que as juntas dos painéis coincidam com as juntas das placas. A fixação é feita com parafusos ponta-broca, cabeça auto-escariante e aletas de expansão, pois evitam que o parafuso faça rosca na placa, e facilita a instalação (TERNI et al., 2008).

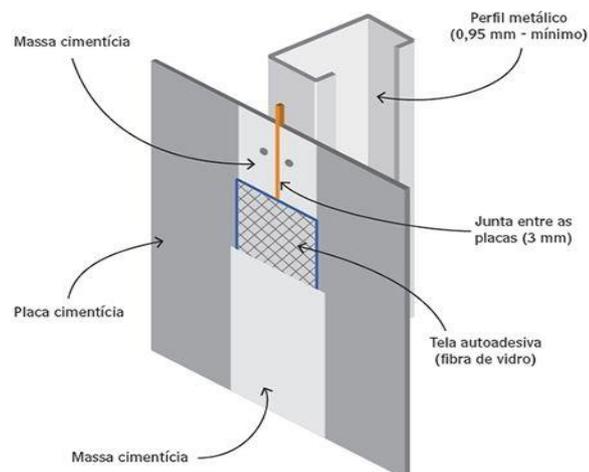
Figura 10 - Juntas de placas e de painéis não devem coincidir



Fonte: Técnica, 2008

Na Figura 11 pode-se observar o detalhe do espaçamento de 3 mm entre as placas cimentícias e a tela autoadesiva usada para esconder as juntas com a utilização de massa sobre a tela.

Figura 11 - Detalhe das juntas de dilatação invisíveis



Fonte: Técnica, 2012

3.2.7 Placa de gesso acartonado

Para fechamento interno dos painéis estruturais e não estruturais, são utilizadas placas de gesso acartonado. Para painéis internos não estruturais é usado o sistema “Drywall”, também constituído dos perfis U e Ue, de menor dimensão, que suportam apenas o peso dos

fechamentos, revestimentos e peças fixadas como quadros, armários, etc. As chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural, porém permitem composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade, fogo e isolamento acústico (FREITAS, 2006).

Para a montagem do sistema Drywall precisamos dos componentes para o fechamento da divisória (placa de gesso), perfis U e Ue para a estruturação da divisória, parafusos para a fixação dos perfis e das placas à estrutura, materiais para tratamento das juntas (massas e fitas), material para isolamento termo acústico (lã de vidro ou de rocha) (FREITAS, 2006).

3.3 CONFORTO TÉRMICO PREDIAL

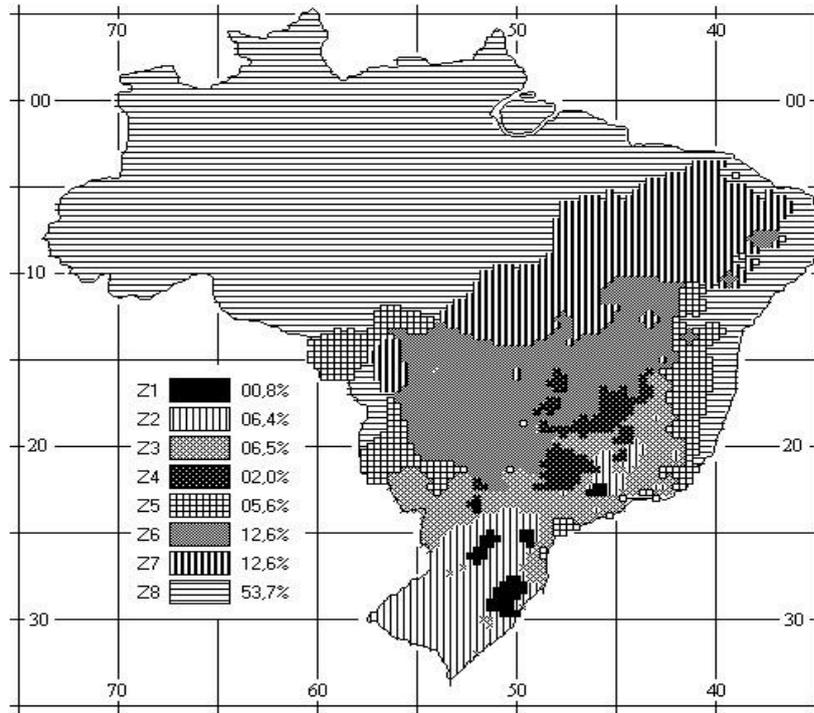
Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, o adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia.

Conforme apresenta a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), o desempenho térmico de uma edificação depende de vários fatores como, por exemplo, topografia do local da obra, temperatura, umidade do ar, intensidade e direção do vento, tipo de materiais utilizados, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, altura do pé direito, entre outros. Para a NBR 15220 (ABNT, 2003), conforto térmico é a satisfação psicológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

O nível de satisfação térmica depende, ademais, das atividades a serem desenvolvidas no interior do imóvel, quantidade de mobília, tipo de vestimentas, número de ocupantes, sexo, e condições fisiológicas e psicológicas dos usuários. Desta forma, conforto térmico refere-se a condição média que atende à maior parte das pessoas expostas a uma determinada condição (Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013).

O Brasil possui oito regiões bioclimáticas, conforme ilustrado na Figura 12, NBR 15575, anexo A (ABNT, 2013).

Figura 12 - Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras



Fonte: ABNT, 2013

O Quadro 2 nos traz os dados de algumas cidades brasileiras e suas respectivas zonas bioclimáticas.

Quadro 2 - Dados de algumas cidades Brasileiras.

UF	Zona bioclimática	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude
SE	8	Aracajú	10.92 S	37.05 W	5
PA	8	Belém	1.45 S	48.47 W	10
MG	3	Belo Horizonte	19.93 S	43.93 W	850
DF	4	Brasília	15.78 S	47.93 W	1160
MS	6	Campo Grande	20.45 S	54.62 W	530
MT	7	Cuiabá	15.55 S	56.12 W	151
PR	1	Curitiba	25.42 S	49.27 W	924
SC	3	Florianópolis	27.58 S	48.57 W	2
CE	8	Fortaleza	3.77 S	38.6 W	26
GO	6	Goiânia	16.67 S	49.25 W	741
PB	8	João Pessoa	7.1 S	34.87 W	7
AP	8	Macapá	0.03 N	51.05 W	14
AL	8	Maceió	9.67 S	35.7 W	65
AM	8	Manaus	3.13 S	60.02 W	72
RN	8	Natal	5.77 S	35.2 W	18
TO	1	Palmas	10.21 S	48.36 W	330
RS	3	Porto Alegre	30.02 S	51.22 W	47
RO	8	Porto Velho	8.77 S	63.08 W	95
PE	8	Recife	8.05 S	34.92 W	7
AC	8	Rio Branco	9.97 S	67.8 W	161
RJ	8	Rio de Janeiro	22.92 S	43.17 W	5
BA	8	Salvador	13.02 S	38.52 W	51
MA	8	São Luiz	2.53 S	44.3 W	51
SP	3	São Paulo	23.5 S	46.62 W	792
PI	7	Terezina	5.08 S	42.82 W	74
ES	8	Vitória	20.32 S	40.33 W	36

Fonte: NBR 15575-1, Tabela A1

Segundo a NBR 15575(ABNT,2013), a avaliação térmica pode ser efetuada de diferentes formas:

Procedimento 1A – Simplificado (normativo): presta-se a verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes de fachada e das coberturas.

Procedimento 1B – Simulação por software Energy Plus (normativo): para os casos em que os valores obtidos para a transmitância térmica e/ou capacidade térmica se mostrem insatisfatórios frente aos critérios estabelecidos nas partes 4 e 5 da norma NBR 15575.

Procedimento 2 – Medição in loco (Anexo A da NBR 15575-1): prevê a verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15575 por meio da realização de medições em edificações existentes ou protótipos construídos com essa finalidade. Tem caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos 1A e 1B, conforme disposto na Diretiva 2:2011 da ABNT.

O Procedimento 2 esbarra em séria dificuldade, já que as medições devem ser feitas em período que corresponda ao dia típico de verão ou de inverno, precedido por, pelo menos, um dia com características semelhantes, recomendando-se, todavia, trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia. (CBIC, 2013).

O dia típico é caracterizado unicamente pelos valores da temperatura do ar exterior medidos no local, devendo guardar estrita correspondência com os valores dos Quadros 3 e 4. Caso a cidade objeto do estudo não conste nestas tabelas, a NBR 15575 permite utilizar os dados climáticos da cidade mais próxima, dentro da mesma zona bioclimática, com altitude de mesma ordem de grandeza (CBIC, 2013). O Quadro 3 traz os dados de dias típicos de verão das capitais brasileiras.

Quadro 3 - Dados de dias típicos de verão de algumas cidades Brasileiras.

Cidade	Temperatura máxima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracajú	30,9	5,4	24,9	6277	6
Belém	33,4	10,5	26,1	4368	6
Belo Horizonte	32	10,3	21,7	4641	6
Boa Vista	35,3	9,8	25,8		6
Brasília	31,2	12,5	20,9	4625	4
Campo Grande	33,6	10	23,6	5481	6
Cuiabá	37,8	12,4	24,8	4972	6
Curitiba	31,4	10,2	21,3	2774	8
Florianópolis	32,7	6,6	24,4		7
Fortaleza	32	6,5	25,1	5611	5
Goiânia	34,6	13,4	21	4455	4
João Pessoa	30,9	6,1	24,6	5542	6
Macapá	33,5	9	25,8		7
Maceió	32,2	8,2	24,6	5138	6
Manaus	34,9	9,1	26,4	5177	7
Natal	32,1	8	24,8	6274	6
Porto Alegre	35,9	9,6	23,9	5476	5
Porto Velho	34,8	12,5	26	6666	7
Recife	31,4	7,4	24,7	5105	6
Rio Branco	35,6	12,7	25,4	6496	7
Rio de Janeiro	35,1	6,4	25,6	5722	5
Salvador	31,6	6,1	25	5643	5
São Luiz	32,5	7,4	25,4	5124	5
São Paulo	31,9	9,2	21,3	5180	6
Terezina	37,9	13,2	25,1	5448	5
Vitória	34,6	7,4	25,9	4068	5

Fonte: NBR 15575-1, Tabela A2

No Quadro 4 podemos verificar os dados de dias típicos de inverno das capitais brasileiras.

Quadro 4 - Dados de dias típicos de inverno de algumas cidades Brasileiras.

Cidade	Temperatura mínima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracajú	18,7	5,1	21,5	5348	6
Belém	20,4	10,0	25,5	4161	6
Belo Horizonte	8,7	12,6	16,0	3716	3
Boa Vista	20,7	8,4	24,9		7
Brasília	10,0	12,2	14,8	4246	3
Campo Grande	13,7	11,5	17,3	4250	4
Cuiabá	11,4	14,3	20,1	4163	4
Curitiba	0,7	11,6	11,0	1666	6
Florianópolis	6,0	7,4	13,4		6
Fortaleza	21,5	7,0	24,0	5301	5
Goiânia	9,6	14,9	16,2	1292	3
João Pessoa	19,2	6,5	22,4	4836	6
Macapá	21,8	6,5	24,9		8
Maceió	17,8	7,5	21,7	4513	6
Manaus	21,4	7,9	25,0	4523	7
Natal	19,1	7,8	22,5	5925	5
Porto Alegre	4,3	8,6	12,1	2410	6
Porto Velho	14,1	14,1	23,6	6670	5
Recife	18,8	6,7	22,1	4562	6
Rio Branco	11,9	14,9	22,1	6445	6
Rio de Janeiro	15,8	6,3	19,1	4030	5
Salvador	20,0	5,0	21,7	4547	5
São Luiz	21,5	6,9	24,9	4490	6
São Paulo	6,2	10,0	13,4	4418	6
Terezina	18,0	12,6	22,9	5209	4
Vitória	16,7	6,9	20,4	2973	5

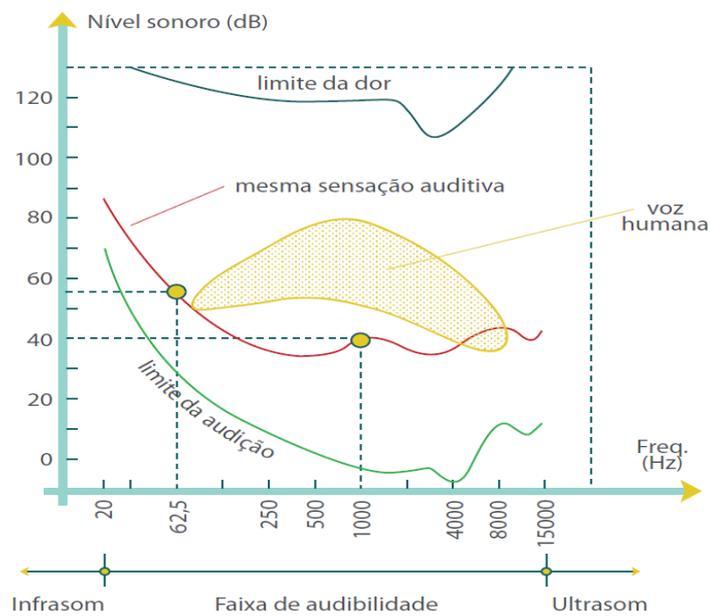
Fonte: NBR 15575-1, Tabela A3

3.4 ISOLAMENTO ACÚSTICO

O ruído gerado pela circulação de veículos, crianças brincando em playground e música alta no apartamento vizinho são causas de desentendimento e de estresse. Por isso, faz-se necessária a adequada isolamento acústico por parte de fachadas coberturas, entrespisos e paredes de geminação. Além de critérios de isolamento ao som aéreo, a norma inclui disposições para a isolamento ao ruído transmitido por impactos, fator extremamente importante para os entrespisos e coberturas acessíveis (CBIC, 2013).

A edificação deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes. O ouvido humano consegue perceber sons em uma determinada faixa de frequência, conforme apresenta a Figura 13.

Figura 13 - Intensidades sonoras percebidas pelo ouvido humano.



Fonte: Guia Orientativo para atendimento a Norma 15575, 2013

Os sons resultam de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar ou outros meios segundo ondas com amplitudes e frequências variadas. Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade sonora. Quanto maior a frequência, expressa em ciclos por segundo (Hertz – símbolo Hz), mais agudo é o som. Propagando-se no ar, a onda pressiona o tímpano das pessoas, considerando-se que os sons e ruídos sensibilizam o ouvido humano numa escala

logarítmica e que limiar da audição humana corresponde à pressão de 2×10^{-5} Pa, ou 0,000002 kgf/m², grandezas sem nenhum significado no dia a dia das pessoas. Com base nessa pressão de referência e para expressar quão superior a ela é uma certa intensidade sonora, foi criado o Bel, e a partir dele o Decibel (1 Decibel = 10 Bels) com o intuito de desprezar frações decimais. Assim sendo, desenvolveu-se para o Decibel (símbolo dB) a expressão logarítmica abaixo, podendo-se por meio dela quantificar os sons por numerais inteiros como 20, 80, entre outros (CBIC, 2013).

$$dB = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

Em que: **p** é a pressão acústica da onda (em Pascals) e **p₀** é a pressão de referência (2×10^{-5} Pa). No Quadro 5 podem-se observar algumas intensidades características de zonas urbanas e suas fontes aproximadas de origem.

Quadro 5 - Intensidades sonoras características.

Nível de desempenho		Correspondência aproximada
Pa	dB (A)	
20	120	Martelete pneumático, turbina de avião
2	100	Veículos com escapamento aberto (motos, autos)
0,2	80	Avenidas com trânsito intenso, gritos de pessoas
0,02	60	Rádio em volume normal, rua com pequeno trânsito de veículos
0,0002	20	Limite para o repouso tranquilo
0,00002	0	Limite de audição para jovens, frequência 1.000 a 4.000 Hz

Fonte: Guia Orientativo para atendimento a norma NBR 15575, 2013.

A intensidade sonora “capitada” pelo ouvido humano varia com o ruído residual (“ruído de fundo”) e com as diferentes frequências. A sensação auditiva, por exemplo, é aproximadamente a mesma para um som com intensidade de 55 dB(A) a 62,5 Hz e um som com intensidade de 40 dB(A) a 1000 Hz. Além disso, o ouvido humano é menos sensível para sons abaixo de 1000 Hz e acima de 4000 Hz. Em grosso modo, para equalizar as intensidades sonoras reais com aquelas percebidas pelo ouvido humano é que os físicos criaram a escala “A”, que integraliza / pondera as intensidades sonoras para as diferentes frequências. Assim sendo, 80 dBA (80 decibéis na escala A) corresponde à sensação humana de uma variada composição de tons e frequências, cuja intensidade seria diferente em outras escalas (B ou C, por exemplo), mais apropriadas para ultrassonografia, eletromagnetismo e outras ciências (CBIC, 2013).

Os equipamentos utilizados para as medições são os seguintes: microfones, que são transdutores que convertem o som em sinais elétricos; filtros, que atenuam a quantidade de energia presentes em certas frequências ou faixas de frequências de áudio; equipamentos de medição do tempo de reverberação.

Para as medições em campo algumas medidas descritas na ISO 140/98 deverão ser adotadas.

Separação mínima entre microfones:

0,7 m – entre as posições do microfone.

0,5 m – entre qualquer posição do microfone e os limites da sala.

1,0 m – entre o microfone e a fonte de ruído.

A respeito da posição e distancia dos microfones também deverão ser adotados critérios, dependendo se o microfone é fixo ou móvel.

Microfone fixo: deverão ser utilizadas, no mínimo, 5 posições fixas e distribuídas de maneira uniforme.

Microfone móvel: atingir um raio de no mínimo 0,7 m com um plano inclinado de forma a cobrir grande parte da área a ser medida. Além disso o período de medição não pode ser menor do que 15 s.

A respeito da quantidade mínima de medições, existe um tempo médio para cada uma das posições do microfone, este tempo deve ser de pelo menos 6 s para cada faixa de frequência com frequências centrais abaixo de 400 Hz. Para o caso de bandas com frequências maiores, podemos diminuir o tempo para não menos que 4 s. Com o microfone em movimento temos o tempo mínimo de 30 s. Dependendo da quantidade de fontes de ruído, o número mínimo de medições irá variar (Quadro 6) (ISO 140, 1998).

Quadro 6 - Quantidade de medições variando de acordo com a quantidade de fontes de ruído.

Uma fonte de ruído	Microfone	Medições
	Fixo	no mínimo 10 medições
Móvel	no mínimo 2 medições	
Fontes de ruído operando simultaneamente	Fixo	no mínimo 5 medições
	Móvel	no mínimo 1 medição

Fonte: ISO 140-1 (ISO, 1998).

A respeito das medições, os critérios adotados estão descritos na norma NBR 15575-4/2013 e comparados aos níveis de pressão sonora ponderados dB (A) e a curva de avaliação de ruídos (NC) da NBR 10152 – Níveis de ruídos para conforto acústico, conforme apresenta o Quadro 7:

Quadro 7 – Valores para conforto acústico em dB(A) e níveis de ruídos (NC).

LOCAIS	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, Laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
Hotéis		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 – 55	40 – 50
Residências		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de Estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas multiuso	35 – 45	30 - 35
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, Salas de projeto e administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
Igrejas e Templos (Cultos Meditativos)	40 – 50	35 – 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55
Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.		

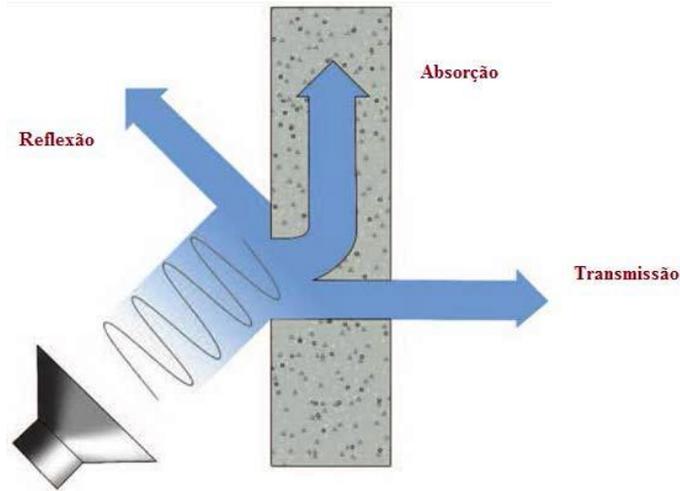
Fonte: NBR 10152 (ABNT, 1987).

O ruído emissor deve ser estável e seu espectro de frequência contínua; a diferença de nível entre uma banda de 1/3 de oitava e outra não deve ultrapassar os 6 dBs no ambiente onde o som for gerado, além disso, o som deve ser alto o bastante para que o nível de pressão sonora no ambiente receptor seja, pelo menos, 10 dBs mais alto que o ruído de fundo. Caso a fonte ruído opere com mais de um altofalante, estes devem estar em fase (ISO 140-4, 1998).

A propagação do som é definida por três fenômenos, conforme Figura 14, que ocorrem quando uma onda sonora incide sobre uma superfície ou parede: reflexão, quanto

mais densa e estanque for a superfície, maior será a reflexão; absorção e transmissão (ISO 717-2, 1996).

Figura 14 - Fenômenos de propagação do som



Fonte: Associação brasileira dos fabricantes de chapas para Drywall, 2012

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma edificação em LSF localizada no município de Candeias/MG. Tem sua sede localizada a uma altitude de 967 metros, a uma distância de 173,4069 km da capital Belo Horizonte; possui uma área de 721 km² e está na microrregião de Campo Belo e na mesorregião oeste de Minas Gerais. A principal rodovia de acesso é a BR-354. Está localizado na zona bioclimática 4, pela proximidade com a cidade de Oliveira/MG - 56,1 km, e conforme Anexo A da NBR 15220 (ABNT, 2003), “Relação das 300 cidades cujos climas foram classificados”.

4.2 Edificação analisada

Foi tomado como foco deste estudo uma Unidade Básica de Saúde (UBS), totalmente construída no modelo construtivo Steel Frame (Figura 15). O terreno possui área total de 1.666,00 m², com dimensões de 49,00 x 34,00 m, localizada no município de Candeias - MG. A edificação possui área total de 440,81 m².

Figura 15 - Fachada norte da UBS analisada no município de Candeias – MG.



Fonte: Arquivo da Prefeitura Municipal de Candeias/MG, 2015

4.3 Métodos de avaliação térmica e acústica

Para o presente trabalho foi adotado o Procedimento 2 – Medição in loco, da NBR 15575-1, para a parte térmica e a ISO 140/98 para a parte acústica. O procedimento 2 da NBR 15575-1 foi escolhido devido as dificuldades de se adotar os procedimentos 1A e 1B. A edificação foi escolhida por ser de caráter público e de estar em fase final de acabamento. Os dados e informações relativos à edificação foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Candeias/MG.

As medições foram realizadas nos seis ambientes em três horários diferentes, sendo que não houveram medições noturnas devido à indisponibilidade de horário à noite, por parte do autor. Os dias das medições foram escolhidos de forma aleatória sendo que os três dias apresentaram características típicas de um dia de verão.

4.3.1 Medições térmicas

Para a medição térmica in loco foi utilizado um termo-higrômetro de precisão modelo HT-7020 da marca ICEL (Figura 16).

Figura 16 - Termo-higrômetro usado nas medições térmicas.



Fonte: O autor (2015).

As medições térmicas foram feitas em três dias: 03, 04 e 07 de setembro de 2015. A temperatura externa foi medida, em um ponto próximo à parede externa da área, respeitando a

distância de 0,50 m. Em seguida foram realizadas medições nos pontos internos, onde, para cada ponto, o limite de tempo mínimo para estabilização da temperatura foi de 20 s.

Após a medição de todos os pontos da área, a temperatura externa foi novamente medida para realização da média da temperatura externa. É importante ressaltar que para as medições térmicas a NBR 15575 estabelece que as esquadrias da edificação estejam abertas, para que se possa aproximar de uma situação normal de utilização da edificação.

O Quadro 8 apresenta os critérios de desempenho térmico para os dias típicos de verão e que serão adotados no presente trabalho. Os critérios de dias típicos de inverno serão descartados, pois durante as medições, as temperaturas apresentaram valores típicos de verão.

Quadro 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

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

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
M é o valor mínimo de desempenho;
I é o valor intermediário de desempenho;
S é o valor superior de desempenho;
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT NBR 15575-1, Tabela E1

4.3.2 Medições acústicas

Para as medições de desempenho acústico foi utilizado um decibelímetro, modelo DL-4100 da marca ICEL (Figura 17).

Figura 17 - Decibelímetro utilizado nas medições acústicas.



Fonte: O autor (2015).

Foi adotado o “Método simplificado de campo” (ISO 140/98). Este método permite obter uma estimativa do isolamento global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de edificações térreas e sobrados, e somente fachadas em edifícios multipiso), do isolamento sonoro global entre recintos internos, em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter esse parâmetro.

Para as medições de desempenho acústico foram utilizados dois aparelhos emissores, posicionados do lado de fora da parede externa de cada área. A ISO 140-1 recomenda que o ruído emitido seja contínuo e tenha frequência de 400 Hz, mas devido a falta de equipamento a frequência emitida foi de 80 Hz (valor medido com a utilização do decibelímetro).

O decibelímetro foi fixado respeitando os critérios da ISO 140/98 que estabelece uma separação mínima de 0,50 m entre os pontos de medição e as paredes (Figura 18).

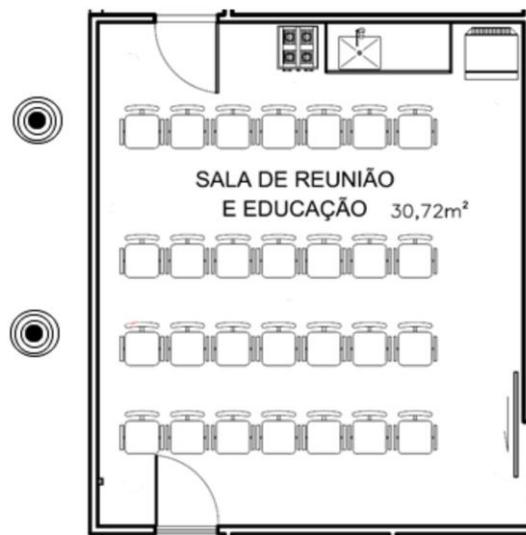
Figura 18 - Posicionamentos do decibelímetro para medição em diferentes áreas da UBS avaliada.



Fonte: O autor (2015).

Foram utilizados dois pontos de geração de ruídos conforme mostra a Figura 19, sendo estabilizadas as intensidades sonoras com o uso do decibelímetro. A intensidade da frequência gerada foi de 80 Hz, sendo que o limite de cada medição foi de 20 s. A NBR 15575 estabelece para as medições acústicas, que todos os pontos de vedação estejam fechados no momento de recolhimento dos dados.

Figura 19 - Posicionamento dos pontos de emissão de ruídos da área 1.

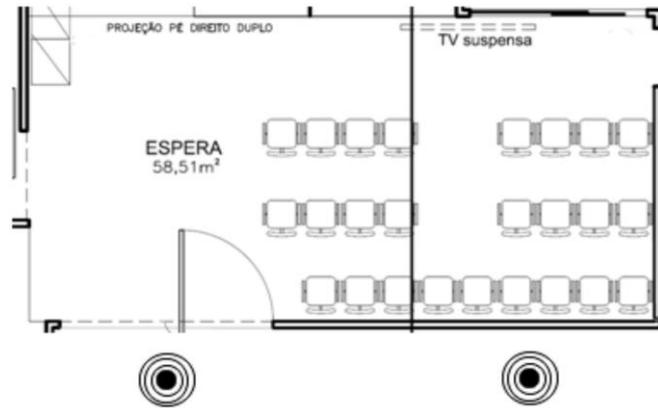


⊙ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

Já a Figura 20 apresenta os pontos de geração de ruídos da segunda área.

Figura 20 - Pontos de emissão de ruídos da área 2.



⊙ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

A Figura 21 mostra os pontos de geração de ruídos da terceira área de medições.

Figura 21 - Pontos de emissão de ruídos da área 3.

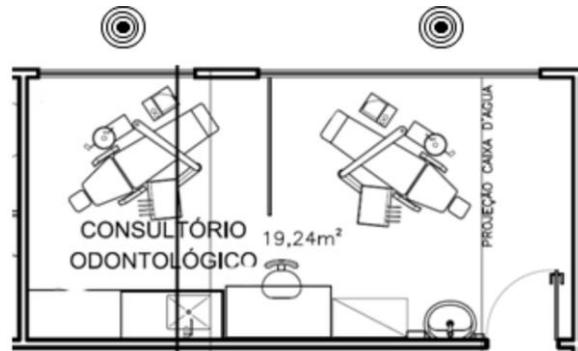


⊙ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

Já na Figura 22, têm-se os pontos de geração de ruídos da quarta área de medições.

Figura 22 - Pontos de emissão de ruídos da área 4.

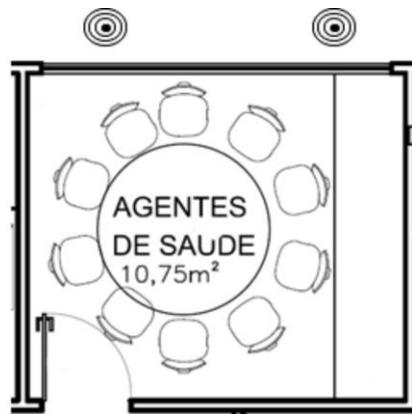


☉ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

Os pontos de geração de ruídos da quinta área de medições são mostrados na Figura 23.

Figura 23 - Pontos de emissão de ruídos da área 5.

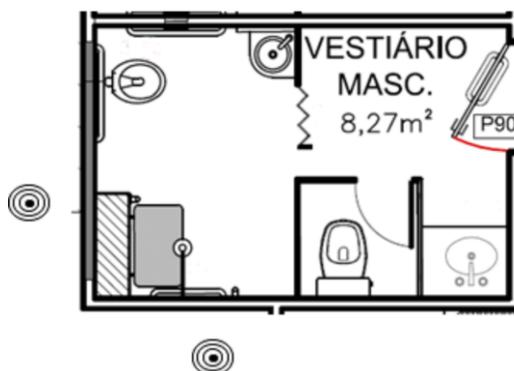


☉ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

Os pontos de geração de ruídos da sexta área de medições podem ser verificados na Figura 24.

Figura 24 - Pontos de emissão de ruídos da área 6.



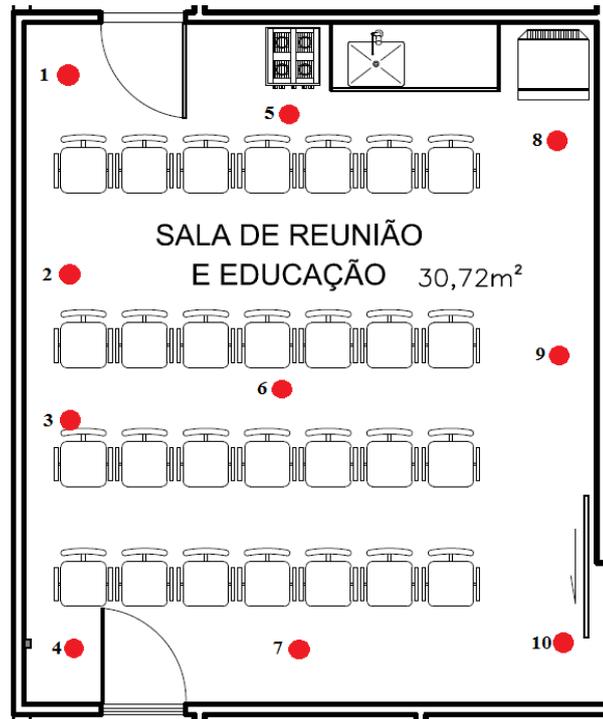
☉ - Ponto de emissão de ruídos.

Fonte: O autor (2015).

4.4 Áreas das medições

Para realização das medições foram selecionadas as seguintes áreas: área 1 – Sala de educação e reunião (30,72 m²); área 2 – Sala de espera (58,51 m²); área 3 – Sala de cuidados básicos (21,70 m²); área 4 – Consultório odontológico (19,24 m²); área 5 – Sala dos agentes de saúde (10,75 m²); e a área 6 – Vestiário masculino (8,27 m²). A planta baixa da UBS modelo tipo 01 do Estado de Minas Gerais e suas respectivas áreas onde foram realizadas as medições, tanto do desempenho térmico quanto acústico, são mostradas na Figura 25.

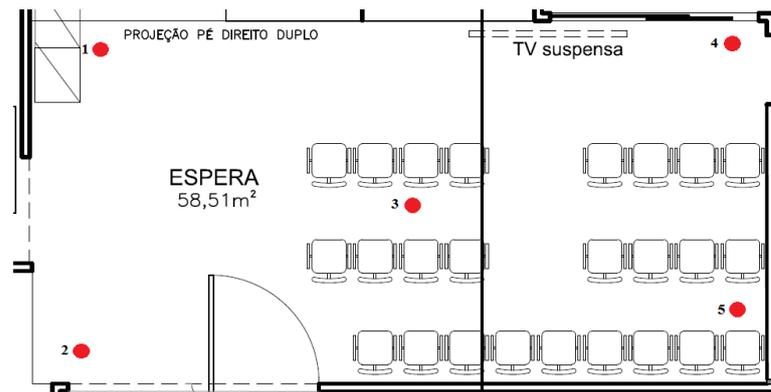
Figura 26 - Primeira área de medições - Sala de educação e reunião



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

O detalhamento da segunda área de medição, sala de espera, e apresentação dos pontos de coleta de dados, podem ser visualizados na Figura 27.

Figura 27 - Segunda área de medições - Sala de espera



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

A terceira área onde foram realizadas as medições é a sala de cuidados básicos (Figura 28). Nesta área serão coletados os dados em cinco pontos aleatórios com o posicionamento dos equipamentos de medição conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 15575 e ISO 140-1.

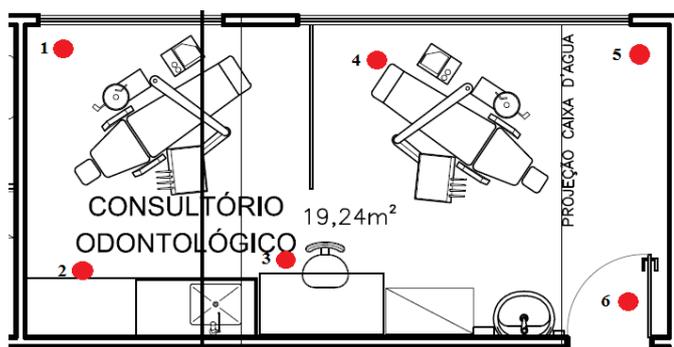
Figura 28 - Terceira área de medição - Sala de cuidados básicos



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

A Figura 29 apresenta a quarta área onde serão coletados os dados. Trata-se do consultório odontológico e nele serão coletados os dados em seis pontos aleatórios com o equipamento sendo posicionado de acordo com o estabelecido pela norma ABNT NBR 15575 e ISO 140-1.

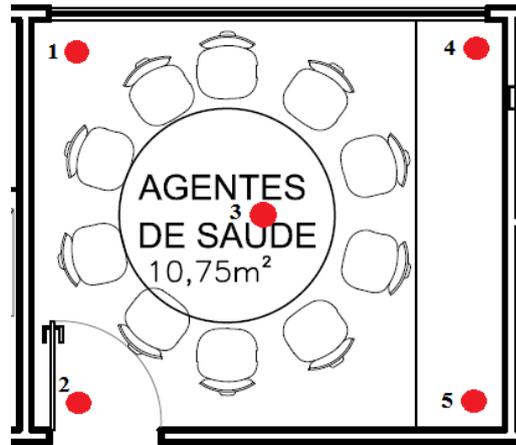
Figura 29 - Quarta área de medições - Consultório odontológico



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

A quinta área onde foram realizadas as medições de desempenho termo acústico é a sala dos agentes de saúde, conforme a Figura 30. Nesta área foram coletados os dados em cinco pontos.

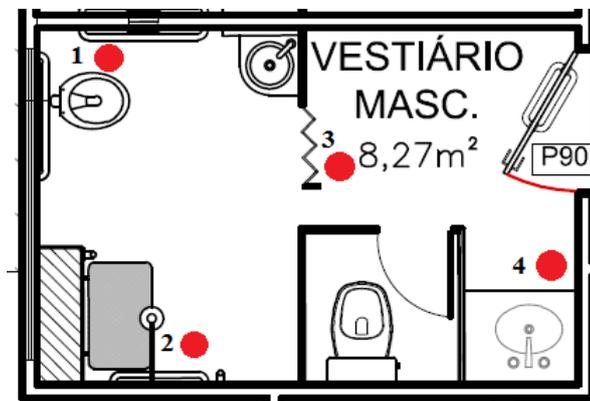
Figura 30 - Quinta área de medições - Sala dos agentes de saúde



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

A sexta área onde foram realizadas as medições é o vestiário masculino (Figura 31). Apesar da ISO 140-1/98 estabelecer o mínimo de 5 pontos de coleta de dados para mais de uma fonte de ruído operando simultaneamente, nesta área serão quatro pontos onde os dados serão coletados pelo motivo de sua área ser muito pequena.

Figura 31 - Sexta área de medições - Vestiário masculino



Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2012

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação de desempenho térmico

Os dados obtidos nas medições térmicas na Área 1 da UBS avaliada, são apresentados na Tabela 1.

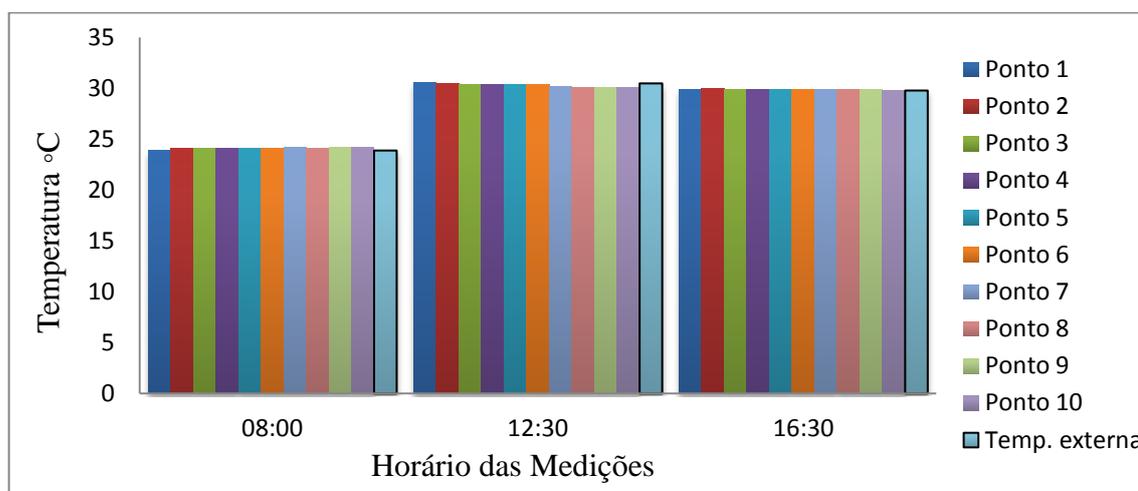
Tabela 1 – Resultados das medições térmicas da Área 1 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média			
Horário	8:00	12:30	16:17	7:58	12:34	16:26	8:00	12:37	16:29	8:00	12:30	16:30	
Temperatura externa													
Inicial	24,3	32,2	31,8	23,3	34,6	32,8	23,8	25,1	24,8	23,8	30,6	29,8	
1	24,8	31,7	31,9	23,2	34,9	32,8	23,8	25,2	25,0	23,9	30,6	29,9	
2	24,9	31,6	32,1	23,3	34,7	32,9	24,0	25,3	24,9	24,1	30,5	30,0	
3	25,0	31,5	32,2	23,2	34,5	32,8	24,2	25,3	24,8	24,1	30,4	29,9	
4	25,0	31,5	32,2	23,1	34,4	32,8	24,2	25,4	24,7	24,1	30,4	29,9	
5	25,0	31,6	32,3	23,2	34,2	32,7	24,1	25,4	24,7	24,1	30,4	29,9	
6	25,0	31,6	32,3	23,3	34,1	32,7	24,1	25,4	24,8	24,1	30,4	29,9	
7	25,1	31,6	32,3	23,3	33,6	32,7	24,2	25,4	24,8	24,2	30,2	29,9	
8	25,0	31,5	32,3	23,2	33,4	32,7	24,1	25,3	24,7	24,1	30,1	29,9	
9	25,0	31,5	32,3	23,3	33,4	32,6	24,2	25,3	24,7	24,2	30,1	29,9	
10	25,1	31,5	32,3	23,3	33,4	32,6	24,2	25,3	24,5	24,2	30,1	29,8	
Horário	8:10	12:36	16:25	8:04	12:39	16:32	8:07	12:43	16:35				
Temperatura externa final	24,5	31,7	31,9	23,5	34,5	32,7	23,8	24,9	24,7	23,9	30,4	29,8	
										Média da temperatura externa	23,9	30,5	29,8

Fonte: O autor (2015).

Dados comparativos entre a temperatura externa e a interna, em cada ponto, da primeira área de medições são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Comparação das temperaturas internas com a externa, da área 1.



Fonte: O autor (2015).

Os resultados das medições térmicas da Tabela 1 e a comparação das temperaturas internas com a externa (Gráfico 2), mostram que o desempenho térmico da área 1 é insuficiente, pois está abaixo do desempenho mínimo estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2003). A norma estabelece que seja pego o máximo valor de temperatura no interior para comparar com o máximo valor externo. Sendo assim, verifica-se que a temperatura interna está 0,1°C acima da externa, não obedecendo ao critério descrito no Quadro 8.

A Tabela 2 apresenta os resultados das medições na segunda área de coleta de dados, onde foram seguidos os critérios para as medições conforme o Procedimento 2 – Medição in loco, da NBR 15575-1 (ABNT, 2003).

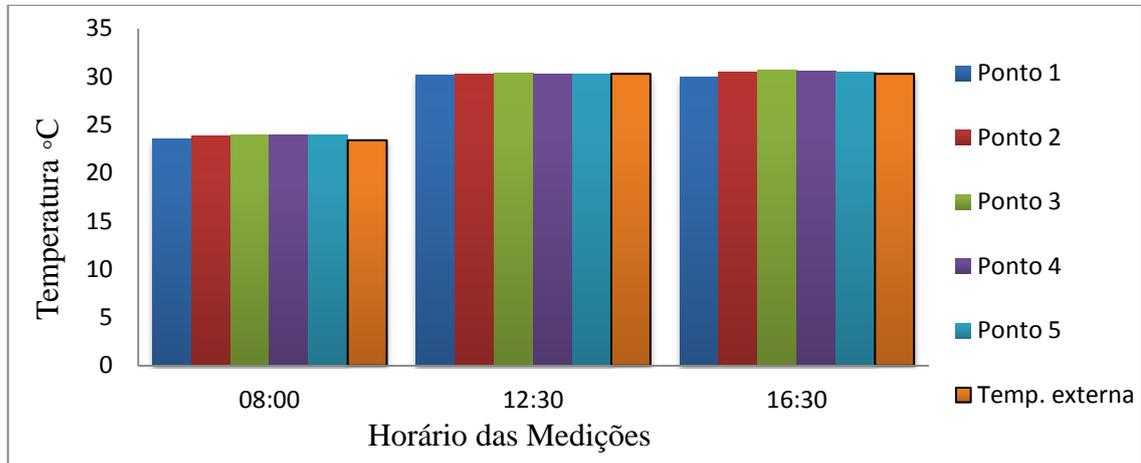
Tabela 2 – Resultados das medições térmicas da Área 2 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média			
Horário	8:12	12:38	16:28	8:07	12:40	16:33	8:09	12:45	16:37	8:00	12:30	16:30	
Temperatura externa inicial	23,6	31,7	32,7	23,2	33,9	33,2	23,2	25,4	24,1	23,3	30,3	30,0	
1	23,5	31,4	33,1	23,6	33,4	33,4	23,4	25,7	24,5	23,5	30,2	30,3	
2	23,8	31,5	33,2	23,8	33,6	33,6	23,7	25,8	24,7	23,8	30,3	30,5	
3	24,0	31,7	33,4	23,9	33,6	33,8	23,8	25,9	25,0	23,9	30,4	30,7	
4	23,9	31,7	33,0	23,9	33,3	33,8	23,9	26,0	25,0	23,9	30,3	30,6	
5	23,9	31,7	32,9	23,9	33,3	33,7	23,9	26,0	24,9	23,9	30,3	30,5	
Horário	8:20	12:43	16:35	8:10	12:44	16:36	8:14	12:49	16:42				
Temperatura externa final	23,1	31,7	32,9	23,7	33,3	34,0	23,6	25,9	24,8	23,5	30,3	30,6	
										Média da temperatura externa	23,4	30,3	30,3

Fonte: O autor (2015).

Já o Gráfico 3 apresenta o comparativo entre as medições internas com a temperatura externa.

Gráfico 3 - Comparativo das temperaturas internas com a externa, da área 2.



Fonte: O autor (2015).

Pela análise da Tabela 2 e o Gráfico 3, tem-se que na área 2, assim como na primeira área de medições, o desempenho térmico também está abaixo do mínimo exigido pela norma, onde a máxima temperatura interna está 0,4°C acima da máxima externa.

Os dados das medições térmicas da Área 3 da UBS construída em LSF são apresentados na Tabela 3.

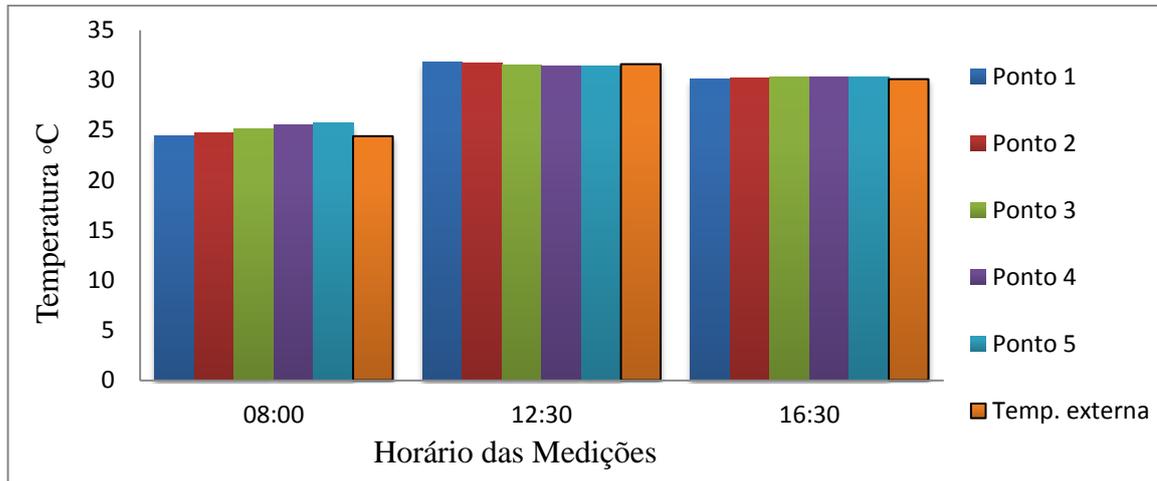
Tabela 3 - Dados das medições térmicas da Área 3 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média		
Horário	8:23	12:45	16:37	8:11	12:46	16:38	8:15	12:50	16:43	8:00	12:30	16:30
Temperatura externa Inicial	24,9	33,5	32,7	23,7	35,8	33,7	23,2	25,6	24,3	23,9	31,6	30,2
1	25,7	33,5	32,5	24,2	35,8	33,4	23,4	26,1	24,4	24,4	31,8	30,1
2	26,4	33,1	32,7	24,2	35,8	33,4	23,5	26,1	24,6	24,7	31,7	30,2
3	27,3	33,2	32,7	24,5	35,7	33,4	23,6	25,5	24,7	25,1	31,5	30,3
4	28,3	33,2	32,7	24,6	35,4	33,4	23,7	25,7	24,7	25,5	31,4	30,3
5	28,5	33,2	32,7	24,7	35,3	33,3	23,8	25,6	24,9	25,7	31,4	30,3
Horário Temperatura externa final	8:29	12:50	16:42	8:14	12:50	16:43	8:20	12:56	16:48	24,8	31,6	29,9
	27,0	33,2	32,4	24,2	36,2	33,0	23,2	25,3	24,3	24,4	31,6	30,1
	Média da temperatura externa									24,4	31,6	30,1

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 4 apresenta o comparativo das medições interna e externa da terceira área de medições na UBS em Candeias – MG, construída em LSF.

Gráfico 4 - Comparativo entre as temperaturas internas e externa da área 3 da UBS construída em LSF.



Fonte: O autor (2015).

Na área 3 o desempenho térmico do sistema construtivo apresenta-se abaixo do mínimo. Nesta área a diferença entre a máxima temperatura interna com a máxima temperatura externa foi de 0,2°C sendo a temperatura interna maior que a externa.

Dados das medições térmicas da área 4 da UBS construída em LSF são mostrados na Tabela 4.

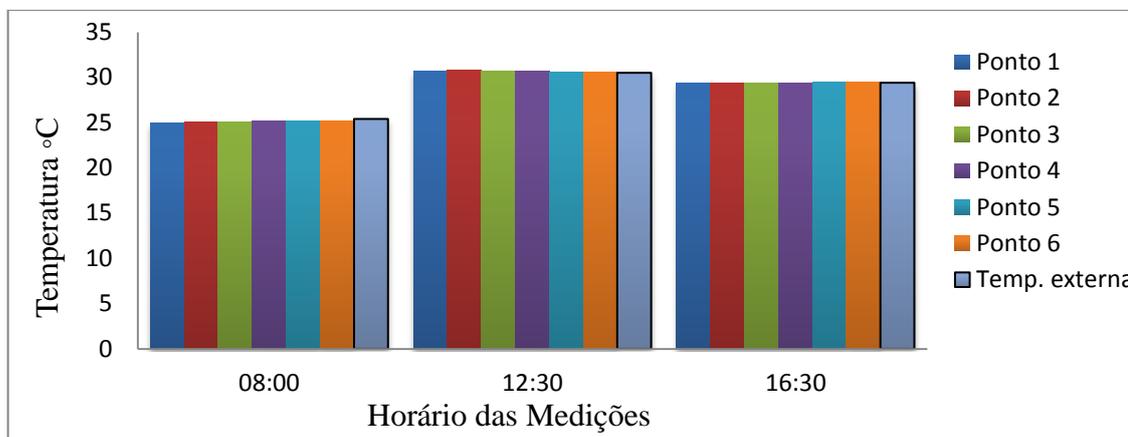
Tabela 4 - Dados das medições térmicas da área 4 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média		
Horário	8:30	12:51	16:44	8:16	12:52	16:44	8:21	12:57	16:49	8:00	12:30	16:30
Temperatura externa												
Inicial	26,8	32,9	32,1	24,2	34,9	32,8	23,3	24,9	23,5	24,8	30,9	29,5
1	26,8	32,6	32,0	24,5	34,1	32,5	23,6	25,3	23,6	25,0	30,7	29,4
2	26,8	32,7	32,1	24,6	34,2	32,6	23,8	25,4	23,6	25,1	30,8	29,4
3	26,8	32,6	32,0	24,7	34,2	32,6	23,8	25,4	23,7	25,1	30,7	29,4
4	26,8	32,5	32,0	24,8	34,1	32,6	24,0	25,5	23,7	25,2	30,7	29,4
5	26,8	32,4	32,0	24,8	33,9	32,6	24,1	25,5	23,8	25,2	30,6	29,5
6	26,7	32,3	32,0	24,9	33,9	32,5	24,1	25,6	23,9	25,2	30,6	29,5
Horário	8:37	12:56	16:49	8:21	12:58	16:49	8:27	13:02	16:54			
Temperatura externa final	28,3	31,9	32,0	26,1	34,2	32,3	23,2	24,3	23,2	25,9	30,1	29,2
Média da temperatura externa										25,4	30,5	29,4

Fonte: O autor (2015).

Já o Gráfico 5 apresenta o comparativo das temperaturas interna e externa da quarta área de medições.

Gráfico 5 - Comparativo das temperaturas internas com a externa, da área 4.



Fonte: O autor (2015).

As temperaturas de alguns pontos internos da Área 4 apresentam valores menores que a temperatura externa, cerca de 0,6 °C de diferença, mas a norma estabelece que sejam pegos os valores de temperatura máximos, internos e externos. Esta área também não cumpre as exigências da NBR 15575 para conforto térmico, ficando a temperatura interna 0,3°C acima da externa.

A Tabela 5 apresenta os dados das medições térmicas da quinta área da UBS construída em LSF.

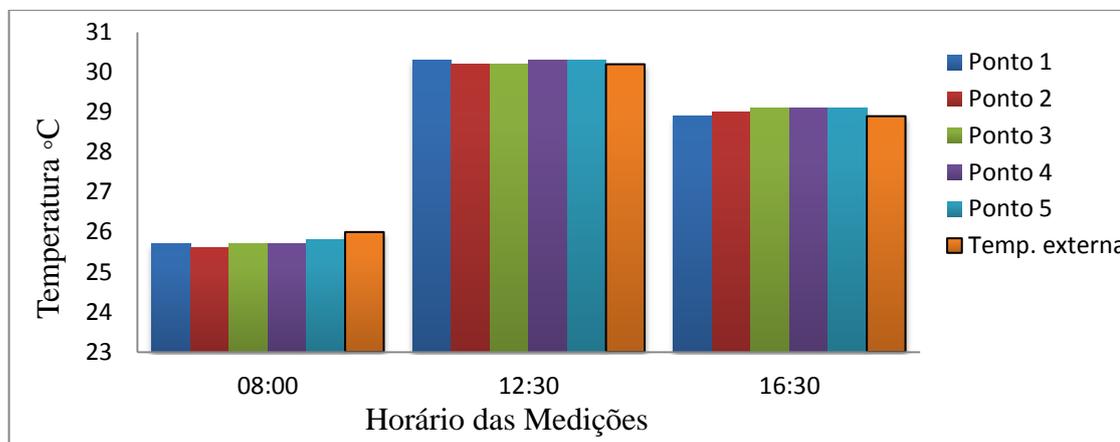
Tabela 5 - Dados das medições térmicas da área 5 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média			
Horário	8:39	12:57	16:50	8:22	13:00	16:50	8:28	13:03	16:56	8:00	12:30	16:30	
Temperatura externa Inicial	28,2	32,2	31,8	26,1	34,0	32,2	23,3	24,7	23,1	25,9	30,3	29,0	
1	27,7	32,2	31,6	25,8	33,7	32,1	23,5	24,9	23,1	25,7	30,3	28,9	
2	27,5	32,1	31,6	25,8	33,5	32,2	23,6	25,0	23,2	25,6	30,2	29,0	
3	27,5	32,1	31,6	25,8	33,3	32,2	23,8	25,2	23,4	25,7	30,2	29,1	
4	27,5	32,0	31,6	25,9	33,5	32,2	23,8	25,4	23,4	25,7	30,3	29,1	
5	27,4	31,9	31,6	26,1	33,5	32,1	23,9	25,5	23,5	25,8	30,3	29,1	
Horário	8:44	13:01	16:54	8:26	13:04	16:55	8:32	13:07	17:00				
Temperatura externa final	28,4	31,8	31,5	26,3	33,8	31,9	23,7	24,8	23,0	26,1	30,1	28,8	
										Média da temperatura externa	26,0	30,2	28,9

Fonte: O autor (2015).

A comparação entre a temperaturas interna com a externa da quinta área de medições é apresentada no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Comparativo das temperaturas internas com a temperatura externa da área 5.



Fonte: O autor (2015).

A área 5, nas medições realizadas no período matutino, apresentou um isolamento térmico mínimo, ficando as temperaturas internas abaixo da temperatura externa, apresentando diferença de até 0,3 °C. Isso pode ser relacionado a incidência de luz solar nesta área, pois no período da manhã esta área fica voltada para a direção oeste e também há um muro de 5 metros de altura próximo a face externa da parede desta área. Nas medições no período da tarde o desempenho térmico voltou a ser abaixo do mínimo exigido pela norma, com a máxima temperatura interna 0,1°C maior que a externa.

A Tabela 6 apresenta os dados das medições térmicas na sexta área da UBS construída em LSF avaliada.

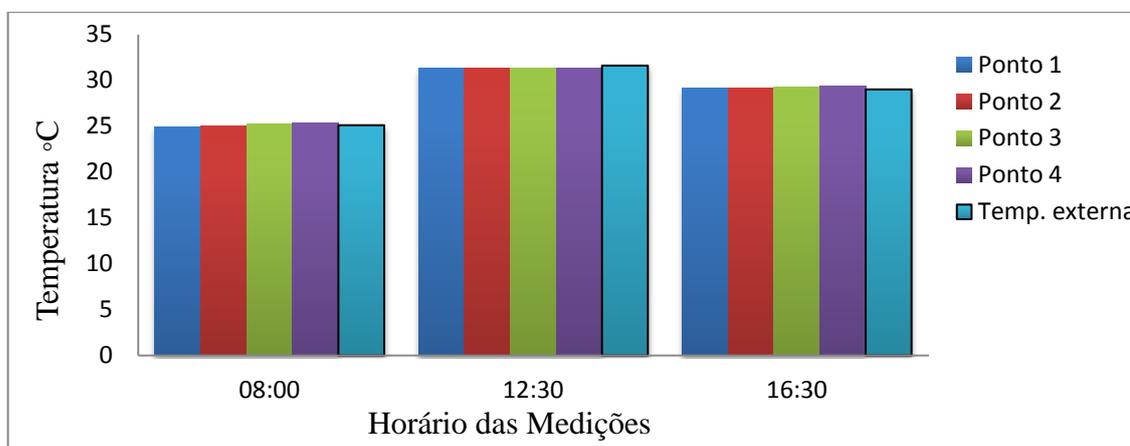
Tabela 6 - Resultados das medições térmicas da Área 6 da UBS construída em LSF.

Data	03/09/2015			04/09/2015			07/09/2015			Média		
Horário	8:46	13:05	16:56	8:27	13:06	16:56	8:33	13:09	17:02	8:00	12:30	16:30
Temperatura externa Inicial	26,8	32,8	31,5	25,7	35,7	31,8	23,3	25,8	23,5	25,3	31,4	28,9
1	26,1	33,3	31,6	25,3	34,5	31,8	23,2	26,0	23,8	24,9	31,3	29,1
2	26,3	33,2	31,6	25,4	34,6	31,8	23,4	26,1	24,0	25,0	31,3	29,1
3	26,5	33,1	31,7	25,5	34,8	31,9	23,5	26,1	24,3	25,2	31,3	29,3
4	26,6	32,9	31,7	25,6	34,8	32,0	23,6	26,1	24,5	25,3	31,3	29,4
Horário	8:51	13:09	17:01	8:30	13:11	16:59	8:37	13:14	17:06			
Temperatura externa final	25,7	33,3	31,5	25,3	35,8	31,9	23,3	26,0	24,0	24,8	31,7	29,1
	Média da temperatura externa									25,1	31,6	29,0

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 7 apresenta a comparação entre as temperaturas internas com a temperatura externa da sexta área de medições.

Gráfico 7 - Comparativo das temperaturas internas com a temperatura externa da área 6.



Fonte: O autor (2015).

A Tabela 6 e o Gráfico 7 mostram que o desempenho térmico da área 6 onde no horário de 12:30 as temperaturas internas, em sua maioria, apresentaram valores menores que a temperatura externa. Isso pode ser devido à localização da área na UBS e a incidência de luz solar. A Área 6 fica em um local onde há uma ventilação maior e também a presença de vegetação rasteira, gramínea, que ocasiona uma umidade relativa do ar maior.

No que diz respeito a desempenho térmico, todas as áreas apresentaram índices abaixo do mínimo estabelecido pela NBR 15575 (Quadro 8) exceto a área 6, que apresentou o nível de desempenho térmico mínimo, ficando a máxima temperatura interna 0,3°C abaixo da máxima temperatura externa. Deve ser observado que existe no projeto da UBS a execução do sistema de refrigeração artificial com o uso de ar-condicionado para a maioria dos ambientes.

O Procedimento 2, utilizado para as medições de desempenho térmico, leva em consideração o conjunto fachada-cobertura como um todo. No caso desta UBS, além de não atender as condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, ela provoca o comprometimento dos serviços prestados pelos funcionários, a saúde física e psicológica dos mesmos, provocando um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para condicionar os ambientes. Uma possível justificativa para o caso pode ser o fato das UBSs seguirem partidos arquitetônicos e sistemas construtivos padronizados, e não levam em conta as características do clima da região ou cidade onde estão sendo implantadas, isso ocasiona um espaço que não satisfaz as condições mínimas de conforto.

O modelo construtivo Light Steel Framing, é bastante usado em países como EUA, Japão e Canadá. Estes países possuem um clima mais ameno em relação às temperaturas na época do verão se comparadas ao Brasil que é um país localizado na região tropical. Talvez nestes países o LSF atenda aos requisitos das normas existentes nesses países, mas no Brasil o modelo construtivo, pelo menos nesta unidade básica de saúde, não atendeu aos requisitos exigidos pelas normas tendo a necessidade de projetos de refrigeração artificial na parte térmica e na parte acústica, talvez a mudança do material isolante.

5.1 Avaliação de desempenho acústico

A Tabela 7 apresenta os dados das medições acústicas da primeira área da UBS construída em Candeias – MG em Light Steel Frame.

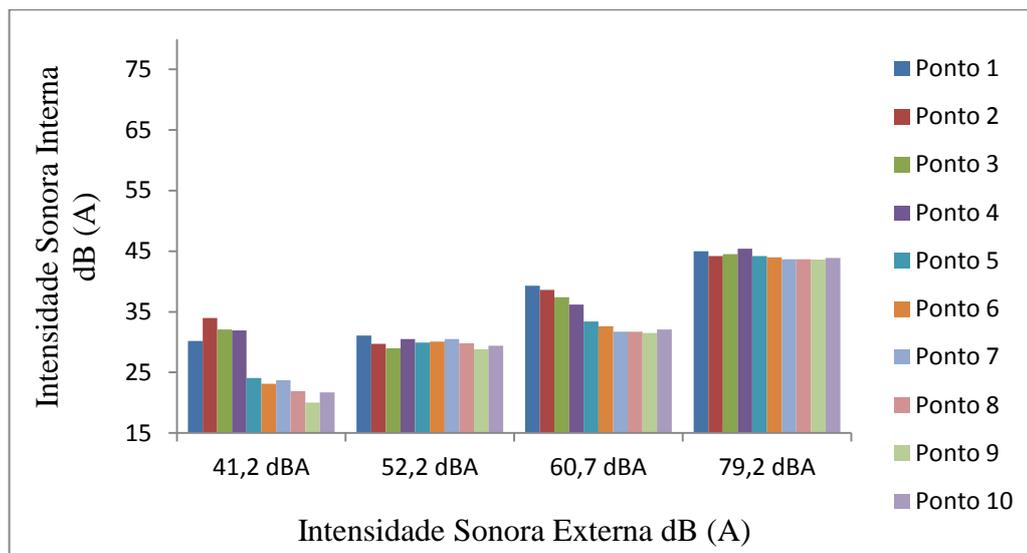
Tabela 7 - Dados das medições acústicas da área 1.

Emitida	Intensidades Sonoras dB (A)										Média
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	
41,2	30,2	34,0	32,1	31,9	24,1	23,1	23,7	21,9	20,0	21,7	26,3
52,2	31,1	29,7	29,0	30,5	29,9	30,1	30,5	29,8	28,8	29,4	29,9
60,7	39,3	38,6	37,4	36,2	33,4	32,6	31,7	31,7	31,5	32,1	34,5
79,2	45,0	44,2	44,5	45,4	44,2	44,0	43,7	43,7	43,6	43,9	44,2

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 8 apresenta as intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 1, em cada faixa de intensidade gerada na área externa.

Gráfico 8 - Intensidades sonoras diversos pontos de medição da área 1.



Fonte: O autor (2015).

Quando gerada intensidade sonora maior [79,2 dB (A)], o nível de desempenho foi satisfatório, atingindo 44,2 dB (A) no interior da área e ficando entre a faixa de nível sonoro de conforto e de nível sonoro aceitável para a finalidade [35 dB(A) à 45 dB(A)], relacionando a área 1 à enfermarias de Hospitais, conforme o Quadro 7, sendo suficiente, de acordo com a NBR 10152 (ABNT, 1987).

Os dados obtidos com as medições acústicas da segunda área da UBS estudada, construída em LSF, são mostrados na Tabela 8.

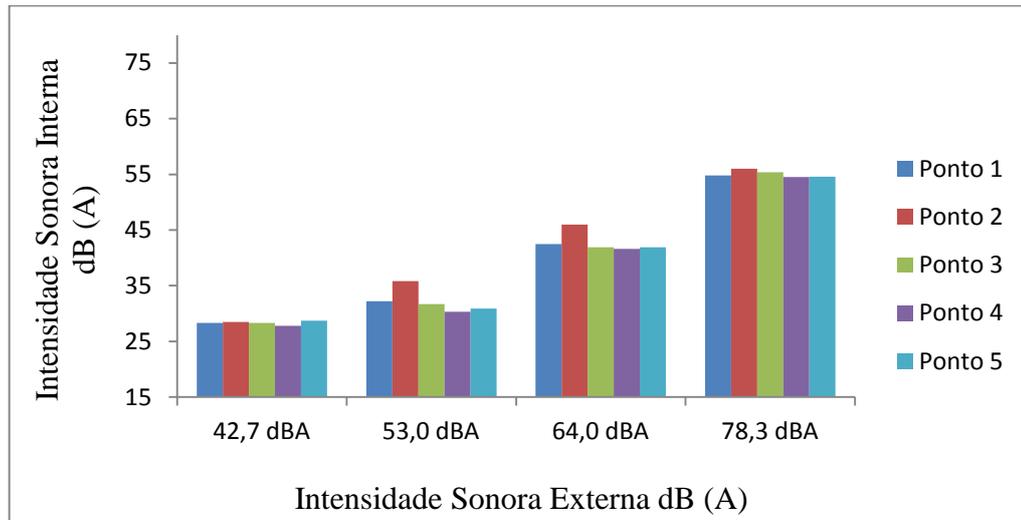
Tabela 8 - Dados das medições acústicas da área 2.

Emitida	Intensidades Sonoras dB (A)					Média
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	
42,7	28,3	28,5	28,3	27,8	28,7	28,3
53,0	32,2	35,8	31,7	30,3	30,9	32,2
64,0	42,5	46,0	41,9	41,6	41,9	42,8
78,3	54,8	56,0	55,4	54,5	54,6	55,1

Fonte: O autor (2015).

As intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 2, em cada faixa de intensidade gerada na área externa podem ser vistas no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Intensidades sonoras nos diversos pontos de medição da área 2.



Fonte: O autor (2015).

Na área 2 o nível de desempenho foi insuficiente ficando acima da faixa de conforto acústico quando gerada uma intensidade sonora de 78,3 dB(A). Quando gerada as intensidades menores, o desempenho acústico foi satisfatório ficando na faixa de conforto de 40 à 50 dB(A) para uma área de uso do público, conforme apresenta o Quadro 7 e observa-se na Tabela 8 e no Gráfico 9.

A Tabela 9 apresenta os dados das medições acústicas da terceira área.

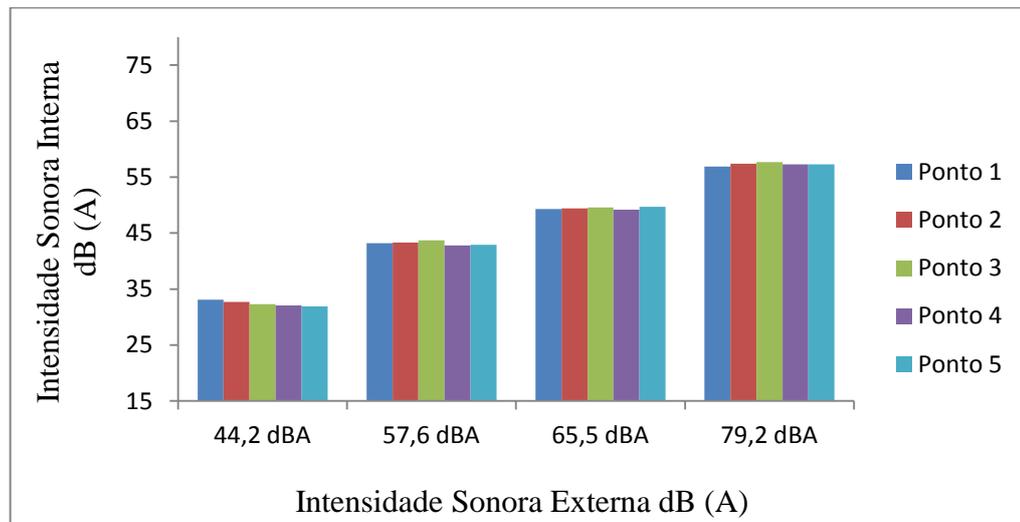
Tabela 9 - Dados das medições acústicas da área 3.

Emitida	Intensidades Sonoras dB (A)					Média
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	
44,2	33,1	32,7	32,3	32,1	31,9	32,4
57,6	43,2	43,3	43,7	42,8	42,9	43,2
65,5	49,3	49,4	49,6	49,2	49,7	49,4
79,2	56,9	57,4	57,7	57,3	57,3	57,3

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 10 apresenta as intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 3, em cada faixa de intensidade gerada na área externa.

Gráfico 10 - Intensidades sonoras diversos pontos de medição da área 3.



Fonte: O autor (2015).

Através da Tabela 9 e do Gráfico 10 é possível verificar que o desempenho acústico da área 3 também apresenta níveis insuficientes para o conforto acústico pois, o nível sonoro dentro da área ficou acima da faixa de conforto acústico exigido pela NBR 10152 (ABNT, 1987) entre 35 à 45 dB(A), até mesmo quando gerada uma intensidade sonora característica de uma rua com pouco movimento, adotando os dados de uma enfermaria de hospitais do Quadro 7, já que não existem dados referentes à unidades de atendimento básico.

A Tabela 10 apresenta os dados das medições acústicas da quarta área.

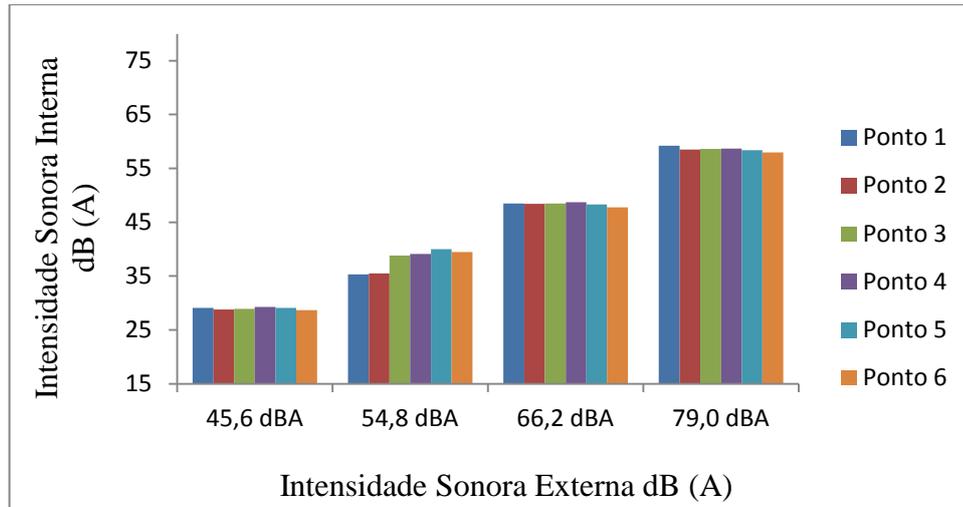
Tabela 10 - Dados das medições acústicas da área 4.

Emitida	Intensidades Sonoras dB (A)						Média
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	
45,6	29,1	28,8	28,9	29,3	29,1	28,7	29,0
54,8	35,3	35,5	38,8	39,1	40,0	39,5	38,0
66,2	48,5	48,4	48,5	48,7	48,3	47,8	48,4
79,0	59,2	58,5	58,6	58,7	58,4	58,0	58,6

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 11 apresenta as intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 4, em cada faixa de intensidade gerada na área externa.

Gráfico 11 - Intensidades sonoras diversos pontos de medição da área 4.



Fonte: O autor (2015).

A Tabela 10 e o Gráfico 11 apresentam os níveis de desempenho acústico da área 4 que também se mostram insuficientes de acordo com o Quadro 7 retirado da NBR 10152 (ABNT, 1987) e relacionando a área à um centro cirúrgico. Os níveis para conforto acústico desta área deveriam ficar entre 35 e 45 dB(A), o que não foi cumprido nem quando gerada uma intensidade sonora característica de uma rua com pouco movimento.

A Tabela 11 apresenta os dados das medições acústicas da quinta área.

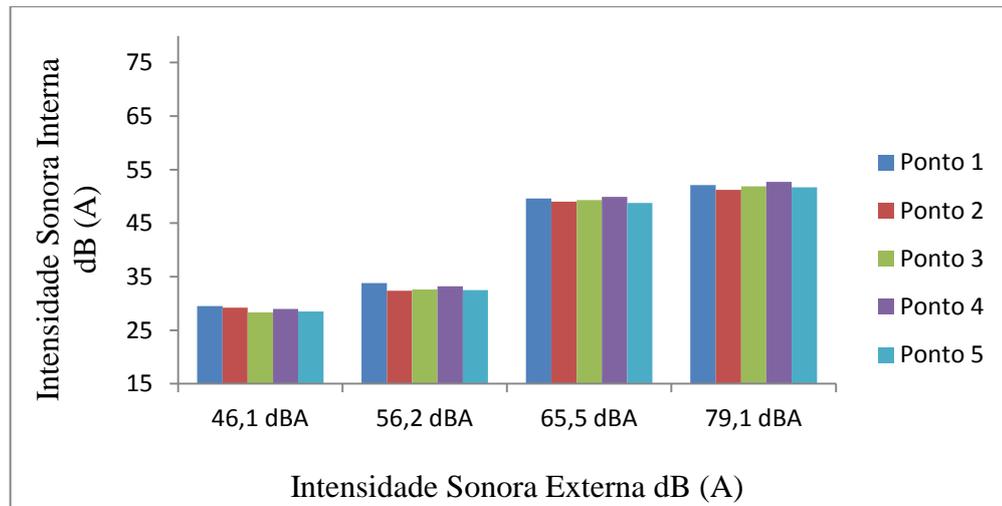
Tabela 11 - Dados das medições acústicas da área 5.

Emitida	Intensidades Sonoras dB (A)					Média
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	
46,1	29,5	29,2	28,3	29,0	28,5	28,9
56,2	33,8	32,4	32,6	33,2	32,5	32,9
65,5	49,6	49,0	49,3	49,9	48,8	49,3
79,1	52,1	51,2	51,9	52,7	51,7	51,9

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 12 apresenta as intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 5, em cada faixa de intensidade gerada na área externa.

Gráfico 12 - Intensidades sonoras diversos pontos de medição da área 5.



Fonte: O autor (2015).

Os níveis de desempenho acústico da área 5, conforme apresentados na Tabela 11 e no Gráfico 12, mostram índices abaixo do mínimo exigidos pela norma ficando acima da faixa de conforto acústico do Quadro 7 para apartamentos de hospitais, que é entre 35 à 45 dB(A).

A Tabela 12 apresenta os dados das medições acústicas da sexta área, lembrando que, a sexta área possui somente quatro pontos de coleta de dados por ter uma área pequena (8,27m²).

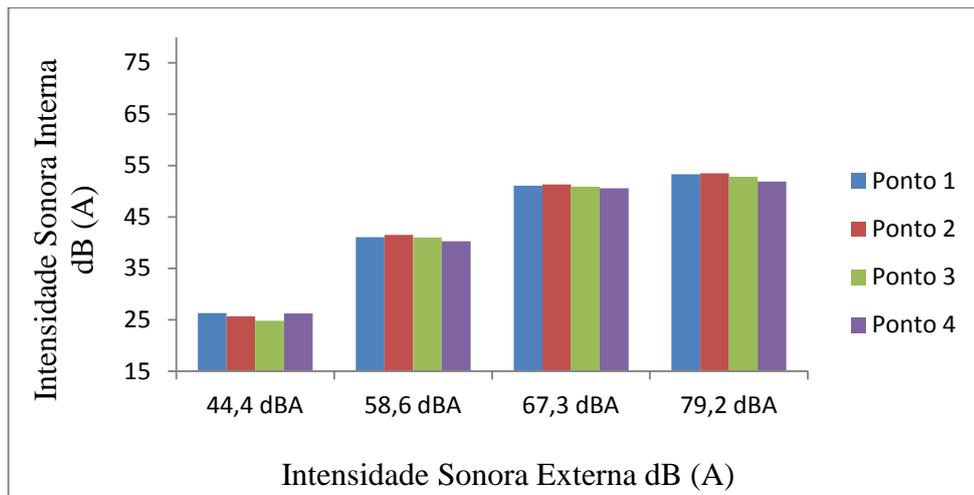
Tabela 12 - Dados das medições acústicas da área 6.

Intensidades Sonoras dB (A)					
Emitida	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Média
44,4	26,3	25,7	24,8	26,2	25,7
58,6	41,1	41,5	41,0	40,3	40,9
67,3	51,1	51,3	50,9	50,6	50,9
79,2	53,3	53,5	52,8	51,9	52,8

Fonte: O autor (2015).

O Gráfico 13 mostra as intensidades sonoras dB (A) medidas nos pontos internos da área 6, em cada faixa de intensidade gerada na área externa.

Gráfico 13 - Intensidades sonoras diversos pontos de medição da área 6.



Fonte: O autor (2015).

Conforme apresentam a Tabela 12 e o Gráfico 13, os níveis de desempenho acústico da área 6 também são insuficientes pois ficaram acima da faixa de conforto acústico para áreas de uso público, de 40 à 50 dB(A), do Quadro 7, retirado da NBR 10152 (ABNT, 1987).

Todas as áreas das medições acústicas apresentaram um nível de desempenho acima da faixa de conforto acústico exigido pela NBR 10152 (ABNT, 1987) dependendo da área e do tipo de serviço realizado, e também relacionando o conforto acústico da UBS ao conforto acústico de um hospital, devido a não existência de níveis de conforto acústico para uma unidade de atendimento básico.

No projeto existente desta UBS há a exigência da colocação de um material que possui como função o isolamento térmico e acústico, que é a Lã de Vidro. Não é possível dizer se esta etapa construtiva foi executada devido ao não acompanhamento do processo de construção da UBS.

5 CONCLUSÃO

No que diz respeito ao desempenho térmico e acústico, a UBS, concebida totalmente em *Light Steel Framing*, não atende às normas, apresentando níveis de desempenho abaixo do mínimo exigido.

O desempenho térmico desta UBS ficou abaixo do mínimo exigido pela NBR 15575. Nos projetos da UBS existe o projeto de refrigeração artificial o que irá fazer com que a satisfação térmica dos usuários seja satisfatória para execução das atividades dentro das áreas.

Em relação ao desempenho acústico, os níveis de intensidade sonora gerados foram baixos em relação ao recomendado pelo Método simplificado de campo da ISO 140/98, devido à falta de equipamento, mas através das intensidades geradas pode-se constatar que o desempenho acústico também é insuficiente para garantir o mínimo de conforto acústico aos usuários da UBS.

O modelo construtivo *Light Steel Framing* oferece uma obra limpa e com menor tempo de execução se comparado à alvenaria convencional, mas seu desempenho, no que diz respeito ao conforto térmico e acústico, especificamente para esta unidade básica de saúde, localizada no município de Candeias/MG, não cumpre as exigências mínimas estabelecidas pelas normas brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos Gerais. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para sistemas estruturais. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho: Sistemas de vedações verticais internas e externas. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 1 – Definições, símbolos e unidades. São Paulo, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruídos para conforto acústico. São Paulo, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. **Desempenho Acústico em Sistemas Drywall**. São Paulo, 2012.
- BATTISTELA, F. B. *Light Steel Framing: Uso da estrutura de aço como tecnologia construtiva*. 2011. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2011.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília, DF, 2013.
- CAMPOS, R. J. A. **Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias**. 2006, 157 p. Em dissertação para mestrado (Graduação em Engenharia da Edificação e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.
- MIKAIL, E. **A Construção Civil no Brasil**. São Paulo, 01 de Fevereiro de 2013. Disponível em: <<http://blogdaengenharia.com/a-construcao-civil-no-brasil/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- FREITAS, A. M. S; CRASTO, R. C. M. **Steel Frame**: Arquitetura. Manual de Construção em Aço. Rio de Janeiro, RJ: CBCA, 2006.
- FINKEL, G. **The economics of the construction industry**. New York, London, England: M.E. Sharpe: Armonk, 1997.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CANDEIAS. Secretaria de Administração e Planejamento. **Arquivos**. Candeias, MG, 2015.
- PROJETO EXECUTIVO DE ARQUITETURA PARA UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Caderno de Especificações**. 2º Semestre de 2013.
- TERNI, A. W; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. **Steel Frame – fechamento (parte 3)**. Revista Techné. São Paulo, PINI, n. 139, out. 2008.
- _____. **ISO 140-1**. Acoustics – Measurement of sound insulation of building elements. 1998.

_____ **ISO 717-2.** Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 2: Impact sound insulation. 1996.

_____ **ISO 10052.** Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound: Survey method. 2004.

TERNI, A. W; SANTIAGO, A. K; PIANHERI, J. **Steel Frame – fechamento (parte 3).** Revista Técnica. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

NAKAMURA, Juliana. **Chapas versáteis: Aplicação de chapas cimentícias em fachadas ganha força no Brasil com melhoria na qualidade dos produtos e disseminação de sistemas construtivos industrializados.** Revista Técnica. São Paulo, PINI, Ed. 138, 2012. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/186/artigo287984-2.aspx>> . Acesso em: 11 maio 2015.