



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL E URBANA

CRITÉRIOS PARA OPÇÃO ENTRE TIPOS DE ALVENARIA

por

Claudio Tomasella Balthazar

Monografia apresentada à Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Especialista em Tecnologia e
Gestão na Produção de Edifícios

São Paulo, 2006

Monografia apresentada para cumprimento parcial das
exigências para o título

Especialista em Tecnologia e Gestão na Produção de
Edifícios

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

2006

Aprovada por _____
Dirigente da Comissão Fiscalizadora

Programa autorizado
para oferecer o título de: _____

Data _____

Resumo

Este trabalho estabelece métodos de escolha entre diferentes tipos de alvenaria usualmente utilizadas, atualmente em São Paulo – Brasil.

Levantou os dados disponíveis no mercado, pelas indústrias de componentes de alvenaria, compilados em uma planilha única.

Abstract

This work proposing establishes methods of choice among different kinds of masonry in the usual practice, in the present scene, in civil construction of São Paulo – Brasil.

Collected the data available in the market, by industries of components of masonry, compiled in a single sheet.

ÍNDICE ANALÍTICO

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Capítulo 1. INTRODUÇÃO.....	1
1 . 1 Objetivos.....	3
1 . 2 Delimitação.....	5
1 . 3 Metodologia Adotada.....	5
Capítulo 2. CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....	6
2 . 1 Introdução.....	6
2 . 2 Parâmetros a serem analisados.....	7
2 . 2 . 1 Desempenho Estrutural	10
2 . 2 . 1 . 1 Resistência à Compressão.....	10
2 . 2 . 1 . 1 . a Necessidade de Avaliação	10
2 . 2 . 1 . 1 . b Requisitos a Serem Avaliados.....	12
2 . 2 . 1 . 1 . c Valores Referenciais	13
2 . 2 . 1 . 2 Resistência ao Impacto de Corpo Mole e Corpo Duro.....	14
2 . 2 . 1 . 2 . a Necessidade de Avaliação	14
2 . 2 . 1 . 2 . b Requisitos a Serem Avaliados.....	14
2 . 2 . 1 . 2 . c Valores Referenciais	16
2 . 2 . 1 . 3 Cargas Concentradas.....	18
2 . 2 . 1 . 3 . a Necessidade de Avaliação	18
2 . 2 . 1 . 3 . b Requisitos a Serem Avaliados.....	19
2 . 2 . 1 . 3 . c Valores Referenciais	19
2 . 2 . 2 Segurança contra o Fogo.....	20
2 . 2 . 2 . 1 Necessidade de Avaliação	21
2 . 2 . 2 . 2 Requisitos a Serem Avaliados.....	22
2 . 2 . 2 . 3 Valores Referenciais	28
2 . 2 . 3 Estanqueidade à Água.....	32
2 . 2 . 3 . 1 Requisitos a Serem Avaliados.....	38
2 . 2 . 3 . 2 Valores Referenciais	42
2 . 2 . 4 Conforto Térmico.....	47
2 . 2 . 4 . 1 Necessidade de Avaliação	47
2 . 2 . 4 . 2 Requisitos a Serem Avaliados	49
2 . 2 . 4 . 2 . a Caracterização das exigências humanas de conforto	49
2 . 2 . 4 . 2 . b Caracterização das condições típicas de exposição ao clima;.....	52
2 . 2 . 4 . 2 . c Caracterização da edificação e de sua ocupação;	53
2 . 2 . 4 . 2 . d Determinação do comportamento térmico da edificação.....	54
2 . 2 . 4 . 2 . e Avaliação do desempenho térmico da edificação.....	56
2 . 2 . 4 . 3 Valores Referenciais	58
2 . 2 . 5 Conforto Acústico	66
2 . 2 . 5 . 1 Necessidade de Avaliação	66
2 . 2 . 5 . 2 Requisitos a Serem Avaliados	67
2 . 2 . 5 . 3 Valores Referenciais	69
2 . 2 . 6 Custos.....	78
2 . 2 . 6 . 1 Necessidade de Avaliação	79
2 . 2 . 6 . 2 Requisitos a Serem Avaliados	79
2 . 2 . 6 . 3 Valores Referenciais	80

Capítulo 3. CONCLUSÕES.....	83
3 . 1 Blocos Cerâmicos Racionalizados Estrutural.....	84
3 . 2 Blocos de Concreto Racionalizados de Vedação.....	86
3 . 3 Blocos de Concreto Celular.	88
3 . 4 Blocos de Gesso.....	90
Capítulo 4. BIBLIOGRAFIA.....	96
Capítulo 5. ANEXOS.....	102
5 . 1 Anexo A – Resistênca de Paredes ao Fogo – CORPO DE BOMBEIROS (2.005)...	102
5 . 2 Anexo B–Características Térmicas de Paredes–AKUTSU(1.998).....	103

LISTA DE TABELAS

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Tabela 2-A – Requisitos de Desempenho de Vedações – PEREIRA (2.001).	8
Tabela 2-B – Tabela sobre Fatores de Eficiência Blocos x Paredes – RAMALHO; CORRÊA (2.003).	11
Tabela 2-C - Coeficientes de variação dimensional de alguns tipos de alvenaria - FRANCO (1.987).	13
Tabela 2-D – Distância entre juntas de movimentação por retração na secagem - SABBATINI(2.002).	14
Tabela 2-E - Impacto de corpo mole para casas – ABNT 02:136.01.004 (2.004).	16
Tabela 2-F - Impacto de Corpo Mole em Edifícios – ABNT 02:136.01.004 (2.004).	17
Tabela 2-G - Impacto de Corpo Duro Segundo Proposta de Norma – ABNT 02:136.01.004 (2.004).	18
Tabela 2-H – Principais Incêndios no Estado de São Paulo de 1.972 a 1.987 - CAMARGO (1.987).	21
Tabela 2-I – Tabela de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo, segundo UCB – BIRINDELLI (1.987).	25
Tabela 2-J – Comparação entre a Transmissão Térmica de Materiais - DIAS e CINCOTTO (1.995).	26
Tabela 2-K – Classificação conforme Ip – Índice de Propagação Superficial de Chamas.	27
Tabela 2-L – Gases produzidos em incêndios e seus efeitos - GONÇALVES (1.987).	28
Tabela 2-M – Critério de propagação superficial de chama – ABNT 02:136.01.004 (2.004).	31
Tabela 2-N – Classe do revestimento de fachada pelo tipo de residência– NBR 02:136.01.004 (2.004).	31
Tabela 2-O - Incidência de Patologias em Edificações - KAZMIERCZAK (1.989).	32
Tabela 2-P - Tempo para Saturação de Alvenarias Com ou Sem Revestimento - KALKSANDSTEIN (1.972).	34
Tabela 2-Q – Altura máxima teórica de coluna d’água X Diâmetro do capilar - EICHLER(1.973).	35
Tabela 2-R - Adaptada do Projeto de Norma - ABNT 02:136.01.004 (2.004).	44
Tabela 2-S - Percentual de Mancha de Umidade - ABNT 02:136.01.004 (2.004)	45
Tabela 2-T - Relação Atividades Físicas x Curva na tabela da Ilustração 2-19 – ASHRAE (1.997).	46
Tabela 2-U- Fontes de vapor de água – ANGELL (1.988).	46
Tabela 2-V- Classificação dos ambientes (PMV) – ASHRAE (2.001).	50
Tabela 2-W- Critério de desempenho térmico - AKUTSU (1.998).	57
Tabela 2-X - - Critério de conforto simplificado - NBR 02:136.07-001/3 (2.004).	58
Tabela 2-Y – Comparação entre diversos limites de temperatura e umidade – GOULART et al. (1.994).	60
Tabela 2-Z – Temperatura limites - ABNT 02:136.01.001 (2.004),	61
Tabela 2-AA - Tabela de temperaturas máximas de verão segundo ISO 7730 – AKUTSU (1.998).	62
Tabela 2-BB - Temperaturas mínimas de inverno segundo ISO 7730 – AKUTSU (1.998).	62
Tabela 2-CC – Índice de Bulbo Úmido com Termômetro de Globo (IBUTG) – AKUTSU (1.998).	63
Tabela 2-DD - Tabela de Desempenho x GD – FERNANDES (2.005).	63
Tabela 2-EE – Níveis de ruído aceitáveis, sem prejuízo do sono – TAYLOR E WILKINS (1.985).	67
Tabela 2-FF – Freqüências para análise espectral do som.	68
Tabela 2-GG - Tabela de Ponderação para as escalas A, B, C e D. FORD (1.987).	71
Tabela 2-HH – Níveis de ruído máximos em áreas externas -NBR 10.151(2.000).	72
Tabela 2-II – Níveis de ruído Máximos em áreas internas - ABNT 02:136.01.001 (2.004).	72
Tabela 2-JJ - Níveis de ruído Máximos em áreas internas - ABNT 02.135.01-004 (1.999).	73
Tabela 2-KK – Índices de redução Sonora das Alvenarias - ABNT 02:136.01.004 (2.004).	74
Tabela 2-LL – Níveis de Redução x Ambiente - NEPOMUCENO (1.968).	75
Tabela 2-MM – Influência de Camada de Ar no Índice de Redução Acústica – SPANDOECK (1.934).	76
Tabela 2-NN - Compilação de Índices de Redução Acústica de Algumas Vedações.	76
Tabela 2-OO - Custos envolvidos na execução diversas alvenarias – SOUZA (2.002).	81

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Ilustração 2-1 – Resistência da Argamassa X Resistência da Alvenaria - FRANCO (1.987).....	11
Ilustração 2-2 - Equipamento para medida de deslocamentos - NBR MB 3.256 (1.990).....	15
Ilustração 2-3 - Mão Francesa Padrão – ABNT 02:136.01.004 (2.004).....	19
Ilustração 2-4 - Blocos cerâmicos: 1h TRRF - PRZESTAK (1.977).....	29
Ilustração 2-5 - Blocos cerâmicos: 1h TRRF - PRZESTAK (1.977)	29
Ilustração 2-6 - Fixação de umidade por capilaridade em material poroso hidrófilo - PEREZ (1.986).....	36
Ilustração 2-7 - Agentes que contribuem para a infiltração de água - BAUER (1.987).....	37
Ilustração 2-8 - Detalhe de cimalha de cobertura de alvenaria – ABCI (1.990).....	39
Ilustração 2-9 - Detalhes de pingadeiras - ABCI (1.990).....	39
Ilustração 2-10 - Detalhe de pingadeira em Janela - ABCI (1.990).....	40
Ilustração 2-11 - Umidade resultante de um detalhe não adequado - BAUER (1.987).....	40
Ilustração 2-12 - Posicionamento de juntas horizontais - BAUER (1.987)	40
Ilustração 2-13 - Regiões dos edifício mais propensas a problemas – FACHADA - BAUER (1.987).....	41
Ilustração 2-14 - Regiões dos edifícios mais propensas a problemas – CORTE - BAUER (1.987).....	41
Ilustração 2-15 - Aparelho para avaliar permeabilidade de alvenaria - KAZMIERCZAK (1.989)	42
Ilustração 2-16 - Aparelho para medição de permeabilidade de paredes externas - KAZMIERCZAK (1.989).....	43
Ilustração 2-17 - Esquema de montagem da aparelhagem de teste de estanqueidade de paredes externas - KAZMIERCZAK (1.989).....	43
Ilustração 2-18 - Condições de exposição de acordo com regiões do Brasil – NBR 6.123 (1.988).....	44
Ilustração 2-19 - Umidade evaporada e transpirada segundo atividade física e temperatura ambiente -ASHRAE (1.997)	45
Ilustração 2-20 - PMV x PPD – RUAS (2.002).....	51
Ilustração 2-21 -Temperatura mínimas, máximas e médias de dez cidades – MASSIGNANI (2.004).....	53
Ilustração 2-22 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro - NBR 02:135.07-001/3 (2.003).....	59
Ilustração 2-23 – Gráfico comparativo de diversos limites de conforto humano – BARBOSA (1.997)	60
Ilustração 2-24 - Zona de Conforto – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-25 - Zona de necessidade de ventilação – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-26 - Zona de Resfriamento Evaporativo – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-27 - Zona de Massa Térmica para Resfriamento – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-28 - Zona de Ar Condicionado – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-29 - Zona de Umidificação – LAMBERTS (2.000).....	64
Ilustração 2-30 - Massa Térmica e Aquecimento Solar – LAMBERTS (2.000).....	65
Ilustração 2-31 - Aquecimento Solar Passivo – LAMBERTS (2.000).....	65
Ilustração 2-32 - Aquecimento Artificial –LAMBERTS (2.000).....	65
Ilustração 2-33 Gráfico de Perda de Transmissão em paredes simples espessas – caso da alvenaria - PAIXÃO(2002).....	67
Ilustração 2-34 - Perda na Transmissão Sonora Exemplificada.....	70
Ilustração 2-35 - Gráfico Desempenho x Tempo (ABNT - 02:136.01.001 (2.004))	78

Capítulo 1. INTRODUÇÃO.

O estabelecimento de Normas para se construir não chega a ser nenhuma novidade. O primeiro conjunto de Normas conhecido, o código de Hammurabi, é datado de 1.780 A.C.. Entre suas prescrições trás duas bem difundidas a do “Olho-por-Olho e Dente-por-Dente”.

196. Se um homem arrancar o olho de outro homem, o olho do primeiro deverá ser arrancado.

200. Se um homem quebrar o dente de um seu igual, o dente deste homem também deverá ser quebrado.

O mesmo código trata o ato de construir em seis artigos transcritos abaixo. É interessante notar que o primeiro artigo versa sobre um “tabelamento” do custo por metro quadrado da construção. Os artigos que o seguem trazem as penas por se construir edificações que apresentem patologias, como vemos a seguir:

228. Se um construtor construir uma casa para outrem e completá-la, ele deverá receber dois shekels em dinheiro por cada sar de superfície.

229 Se um construtor construir uma casa para outrem e não a fizer bem feita, ela cair e matar seu dono, então o construtor deverá ser condenado à morte.

230. Se morrer o filho do dono da casa, o filho do construtor deverá ser condenado à morte.

231. Se morrer o escravo do proprietário, o construtor deverá pagar por este escravo ao dono da casa.

232. Se perecerem mercadorias, o construtor deverá compensar o proprietário pelo que foi arruinado - pois ele não construiu a casa de forma adequada - devendo reerguer a casa às suas próprias custas.

233. Se um construtor construir uma casa para outrem, e mesmo a casa não estando completa, as paredes estiverem em falso, o construtor deverá às suas próprias custas fazer as paredes da casa sólidas e resistentes.

Construções em alvenaria são bem mais antigas que o código. O desempenho, em todos os sentidos, do ambiente construído tem se aprimorando durante esse tempo. As construções clássicas como nos banhos coletivos na Grécia e na Roma antiga, com seus sistemas de aquecimento de água e de ambientes, já traziam a preocupação da melhoria do desempenho das construções.

A Norma para desempenho de edificações, hoje em vias de aprovação, estabelecerá quais critérios serão exigidos das habitações a serem entregues. Tendo sido estabelecidos esses critérios de desempenho, os mesmos deverão fazer parte dos escopos dos projetistas. Logo os projetistas estabelecerão esses critérios como parte dos projetos. Que deverão ser executados pelos construtores e serão exigidas pelos consumidores. A alvenaria é responsável por boa parte do desempenho das edificações.

Atualmente, na maior parte dos empreendimentos imobiliários, o desempenho das vedações empregadas não é especificado, requerido ou verificado. Com a publicação das normas citadas e que estão em análise pelo Cobracon - Comitê Brasileiro de Construção Civil - da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - como projeto de norma 02:136.01.001 a 004, Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, essa situação deverá ser modificada

Uma vez aprovada e publicada, a norma passará a ter valor legal. O que significa que pode ser exigida, sem ter sido previamente contratada. Almeida (2.000) analisa o “Código de Defesa do Consumidor” (Lei 8.078 de 11 de setembro de 1.990), e diz que o “Descumprimento de normas: quando o fornecedor está obrigado à observância de normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes para colocar produto ou serviço no mercado, não poderá fazê-lo em desacordo com elas. Inexistentes tais normas, deverá guiar-se pelas editadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo

CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Pretende-se, com essa providência, preservar a qualidade, a segurança e a eficiência dos produtos e serviços no mercado. Além de infração administrativa, constitui conduta punível criminalmente...”.

1 . 1 *Objetivos*

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns parâmetros a serem avaliados durante o processo de seleção de um tipo de alvenaria.

Em boa parte dos empreendimentos imobiliários, construídos atualmente na cidade de São Paulo, a escolha do tipo de alvenaria é postergada até próximo ao início dos serviços, o que torna o processo de escolha restrito. Poucas serão as alternativas viáveis, pois diversas opções de projeto já foram tomadas e o curto tempo entre a escolha e o início da execução acaba por limitar a escolha entre as opções mais tradicionais.

Franco (1.998) registra que:

“Há muito pouco tempo, e por um número limitado de empresas, a concepção do subsistema vedação vertical é considerado assunto técnico, que merece atenção. Na tradição construtiva nacional, as decisões sobre as alvenarias e revestimentos sempre foram relegadas aos próprios executores, sem que possuíssem a qualificação técnica necessária”.

E Sabbatini (2.001):

“As vedações dos edifícios de múltiplos pavimentos, executadas pelos processos tradicionais em alvenaria, têm sido questionadas e responsabilizadas pelo atraso tecnológico do setor. Muitos pensam em substituí-la por métodos mais "modernos", imaginando, com isto que ir do evoluir e se modernizar.

Verifica-se que as decisões neste campo são, muitas vezes, adotadas sem reflexão, sem uma necessária visão sistêmica, sem compreensão efetiva dos verdadeiros condicionantes do problema e, freqüentemente, sem definir os objetivos, as metas a serem atingidas.”

Ou ainda, como afirma Kazmierczak (1.989):

“..., verifica-se que a escolha dos tipos de alvenaria a serem adotados em edificações costuma ser aleatória, não havendo preocupação com o desempenho perante as solicitações impostas. Algumas construtoras tendem a utilizar os materiais mais baratos, podendo incorrer em erros como o uso de tijolos de má qualidade e argamassas industrializadas de procedência e características desconhecidas, que podem comprometer a qualidade da alvenaria.”

O presente trabalho procura estabelecer quais parâmetros são relevantes para um processo de escolha eficiente, apresentando quais deveriam ser avaliados e levantando valores referenciais usuais esperados.

Do lado do mercado fornecedor, poucas são as empresas que fornecem testes do desempenho de seus produtos, limitando-se a qualificá-los, sem quantificá-los. Afirmam em alguns casos que uma alvenaria executada com seu produto tem boas características acústicas, mas não disponibilizam qualquer ensaio que demonstre quão boa são estas características, outras empresas apresentam apenas ensaios referentes ao desempenho do componente produzido, sem a mesma preocupação com a alvenaria resultante. Dentre as empresas que facilmente disponibilizam ensaios e materiais técnicos estão a KNAUF, a SICAL e a URALITA.

1 . 2 *Delimitação*

O presente trabalho está limitado aos materiais e fornecedores disponíveis em 2.006 no mercado da grande São Paulo. Procura estabelecer índices para um processo de escolha eficiente, estabelecendo parâmetros a serem avaliados e levantando valores referenciais usuais.

1 . 3 *Metodologia Adotada*

Foi efetuada uma revisão bibliográfica com especial atenção aos trabalhos de mestrado e doutorado recentemente defendidos. Não se trata de uma pesquisa exaustiva, mas procura levantar em que se trabalha, atualmente, em cada área específica. Também foi executada pesquisa junto aos fornecedores que efetuam a avaliação de seus produtos e as disponibilizam aos seus clientes. Finalmente foi efetuado um tabelamento dos valores apurados.

Capítulo 2. CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.

A escolha do tipo de alvenaria a ser empregada em determinado empreendimento tem sido postergada até momentos antes do início de sua execução. Esse fato acaba por estabelecer uma maior predominância para os métodos construtivos tradicionais no processo de avaliação de tipos de alvenaria.

2 . 1 *Introdução*

Para que possamos comparar diversos tipos de alvenarias devemos estabelecer quais os parâmetros quantitativos e qualitativos, de desempenho, desejamos alcançar.

Desempenho pode ser entendido como comportamento de um produto durante seu uso. Isto é, que um determinado produto tenha a capacidade de cumprir as funções para as quais foi projetado até o final de sua vida útil. Para tanto é necessária a avaliação de suas características frente às condições de exposição a que está submetido, conforme Pereira (2.001).

Avaliar o desempenho de um produto é analisar seu comportamento através de critérios estabelecidos por quem o utilizará. O usuário apresenta suas “queixas” que se tornam as “Exigências do Usuário”. Consideramos usuários aqui, tanto o ocupante final da edificação quanto seu vizinho, proprietários da edificação e funcionários na construção.

As “Exigências do Usuário” de desconforto acústico surgem como: “*Não quero ouvir o barulho do meu vizinho!*”. Essa exigência pode ser explicitada como sendo “necessidade de privacidade em termos de isolamento sonoro”. Então a exigência é transformada em parâmetros mensuráveis, como em IPT (1.998?) que estabelece um índice de redução sonora de 45 dB para as alvenarias que separam casas geminadas.

Mitidieri Filho (1.998), pesquisando referências internacionais, elabora uma listagem das principais exigências de desempenho que um edifício deve apresentar.

1. **De Segurança Estrutural:** Estabilidade e resistência mecânica.
2. **De Segurança ao Fogo:** Limitações do risco e propagação de um incêndio, segurança ao usuário.
3. **De Segurança à Utilização:** Segurança dos usuários e segurança a intrusões.
4. **De Estanqueidade:** Estanqueidade aos gases, aos líquidos e aos sólidos.
5. **De Conforto Higrotérmico:** Temperatura e umidade do ar, condensação.
6. **De Qualidade Atmosféricas:** Pureza do ar e limitações de odores.
7. **De Conforto Visual:** Aclaramento, aspecto dos espaços e das paredes, vista para o exterior.
8. **De Conforto Acústico:** Isolação acústica e controle dos níveis de ruído.
9. **De Conforto Tátil:** Eletricidade estática, rugosidade, umidade e temperatura superficial.
10. **De Conforto Antropodinâmico:** Acelerações, vibrações e esforços de manobras.
11. **De Higiene:** Cuidados corporais, abastecimento de água e eliminação de resíduos.
12. **De Adaptação à Utilização:** Número, dimensões, geometria e relações de espaços e de equipamentos necessários.
13. **De Durabilidade:** Conservação do desempenho ao longo do tempo.
14. **De Economia:** Custo inicial, de manutenção e de reposição durante o uso.

2 . 2 Parâmetros a serem analisados

O CSTB (*Centre Scientifique e Technique de la Construction*), criado em 1.947, estabelece bases científicas para a avaliação do desempenho de habitações, propondo métodos de cálculo e de ensaios. Essas primeiras diretrizes foram periodicamente modificadas, sendo que o atual documento de certificação é o "Avis Technique" como afirma Mitidieri Filho (1.998). Nele relacionam-se os critérios de desempenho ligados à aptidão ao uso como sendo:

- ☒ Estabilidade e Resistência Mecânica.
- ☒ Desempenho ao Fogo.
- ☒ Isolação Acústica.
- ☒ Isolamento Térmico.
- ☒ Outros Aspectos de Aptidão ao Uso e
- ☒ Durabilidade.

Além destes critérios de desempenho outros devem ser analisados como o custo e a disponibilidade de tecnologia para sua execução.

Já Pereira (2.001) analisando várias fontes, separa os requisitos em Segurança, Habitabilidade e Durabilidade e apresenta a tabela 2-A com os requisitos de desempenho de vedações baseados nas exigências do usuário:

Tabela 2-A – Requisitos de Desempenho de Vedações – PEREIRA (2.001).

Segurança	1. Segurança estrutural
	<ul style="list-style-type: none"> resistência mecânica a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas decorrentes do uso normal ou abuso no uso (ação imediata e fadiga provocada pelo vento, impactos, riscamento, cargas verticais e alterações climáticas); eficiência do sistema de fixação que liga o painel à estrutura (resistência, aderência e flexibilidade); capacidade de deformação das juntas.
	2. Segurança ao fogo
	<ul style="list-style-type: none"> reação ao fogo dos materiais (combustibilidade, propagação de chamas e liberação de gases e fumaça); resistência ao fogo do sistema (integridade, estanqueidade, isolamento).
	3. Segurança de utilização e adaptação ao uso
	<ul style="list-style-type: none"> segurança dos usuários, segurança a intrusões (resistência de intrusões exteriores); integração de instalações; possibilidade de fixação de placas, prateleiras (resistência a cargas suspensas); facilidade de montagem e estocagem dos painéis.
Habitabilidade	4. Estanqueidade
	<ul style="list-style-type: none"> estanqueidade aos gases, aos líquidos e aos sólidos; pequena absorção de água (para minimizar alterações de volume e de massa); eficácia na drenagem de águas pluviais.
	5. Conforto térmico e economia de energia
	<ul style="list-style-type: none"> estanqueidade ao ar, controle da temperatura e umidade relativa do ar; isolamento térmico no inverno e no verão.
	6. Aspecto
	<ul style="list-style-type: none"> planeza dos componentes e do conjunto; condição superficial (brilho, textura, cor); uniformidade de coloração.
	7. Conforto acústico
	<ul style="list-style-type: none"> isolamento e absorção sonora; não ser fonte de ruído por ação de movimentações térmicas ou por impactos de agentes atmosféricos; não permitir a passagem de ruído nos encontros com as vedações internas.
	8. Pureza do ar e conforto tátil
	9. Conforto antropodinâmico
Durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> acelerações, vibrações e esforços de manobras.
	10. Durabilidade
	<ul style="list-style-type: none"> conservação de aspecto (cor, brilho); conservação das propriedades mecânicas, físicas e químicas (capacidade de deformação, resistência a impacto).
	11. Economia
	<ul style="list-style-type: none"> facilidade e frequência de limpeza, conservação e manutenção durante a vida útil pretendida; custo global (custo inicial e custos de manutenção e reposição durante o uso).

Dessa série de parâmetros pretendemos estabelecer diretrizes para uma conveniente comparação entre alvenarias diferentes. É importante ter em vista que parte dos parâmetros é de caráter excludente, sendo outros de caráter relativo. Ou seja, se um tipo de alvenaria não atende ao requisito de conforto acústico (não proporciona uma Perda de Transmissão de 45 dB(A), por exemplo) esse tipo de alvenaria deve ser descartado da comparação. O custo da tipologia tem caráter relativo. Entre as tipologias que passaram pelo crivo de cada uma das medidas de

desempenho excludentes, vence a de menor custo total. Sendo de caráter relativo não deveria preponderar sobre os demais critérios. Também tem grande influência na decisão a capacitação técnica da empresa ou os meios de se aplicar novas tecnologias.

2 . 2 . 1 Desempenho Estrutural

Sendo fundamental em edificações de alvenaria estrutural, sua importância fica relevada a um segundo plano quando se trata de vedações verticais sem função estrutural, embora venha sendo cada vez solicitada devido à interação com as atuais estruturas que estão cada vez mais deformáveis, conforme Massetto (2.001). Sua avaliação se dá pela resistência a impactos e à solicitação de cargas concentradas. A normalização de seu desempenho vem da avaliação de Divisórias pela NBR MB 3.256 Divisórias leves internas moduladas – Verificação da Resistência a impactos (1.990).

2 . 2 . 1 . 1 Resistência à Compressão

Não faz parte do escopo deste trabalho entrar em maiores detalhes quanto ao desempenho frente à compressão, nem entraremos em detalhes da interação alvenaria estrutural. No entanto é interessante apresentarmos alguns valores.

2 . 2 . 1 . 1 . a Necessidade de Avaliação

A resistência de uma alvenaria é resultado da composição dos blocos ou tijolos, da argamassa de assentamento e até das argamassas de revestimento. Tanto Sabbatini (1.984) quanto Franco (1.987), estabelecem que o desempenho da alvenaria, tanto relativo à resistência mecânica, quanto ao isolamento térmico e acústico, entre outros, é fortemente influenciado pelos blocos ou tijolos que compõem essa alvenaria.

Apresentado por Franco (1.987), o gráfico da ilustração 2-1 relaciona os valores de resistência das alvenarias de blocos cerâmicos perfurados com as resistências das argamassas de que são compostas, para cada traço ensaiado. No gráfico fica claro que uma grande variação da

resistência à compressão da argamassa de assentamento resulta em uma redução à compressão da alvenaria de menores proporções.

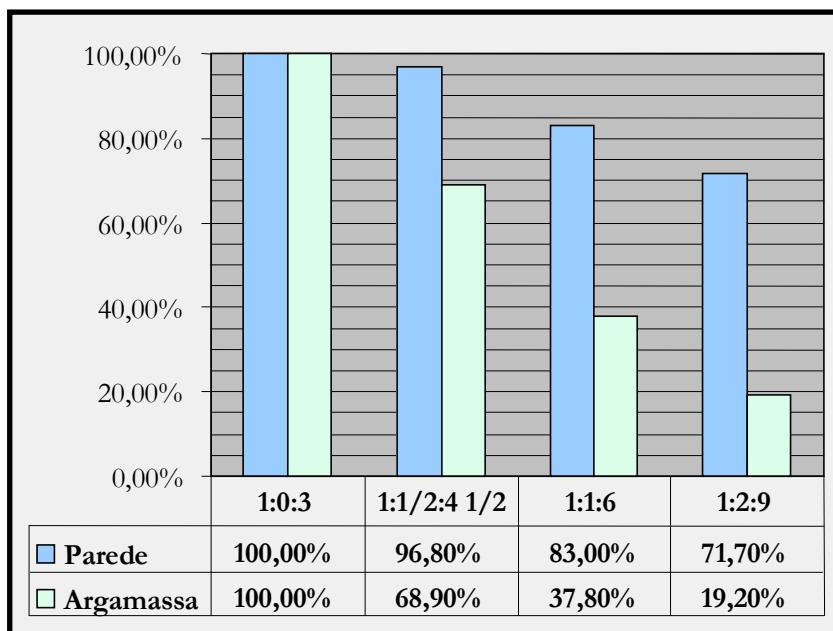


Ilustração 2-1 – Resistência da Argamassa X Resistência da Alvenaria - FRANCO (1.987).

Como um parâmetro de pré-análise, podemos considerar o fator de eficiência (FE = razão entre a resistência à compressão do bloco e da alvenaria). Para os blocos cerâmicos e de concreto mais comuns no Brasil e entre 4,5 e 20 MPa as seguintes características, como citado em Ramalho e Corrêa (2.003), apresentado na tabela 2-B.

Tabela 2-B – Tabela sobre Fatores de Eficiência Blocos x Paredes – RAMALHO; CORRÊA (2.003).

Tipo de Bloco	Valor Mínimo	Valor Máximo
Concreto	0,40	0,60
Cerâmico	0,20	0,50

Ressaltamos que esses são números médios obtidos na prática de um modo estimado. Tais dados deverão ser fornecidos pelo fabricante, já que são função do formato dos blocos e de seu processo de fabricação. Como o formato dos blocos não está normatizado e sendo esses componentes os de maior influência na resistência das paredes, conforme Thomaz (1.989), só será possível se estabelecer um FE confiável através de números apresentado pelos fabricantes, resultantes de um bom número de ensaios realizados.

Algumas empresas têm o Fator de Eficiência de seus produtos definido, através de ensaios periódicos e disponibilizam ao público em geral, como é o caso da URALITA (1.999) ou SICAL (2.00-?).

Além do fator de eficiência alguns autores apresentam formulações empíricas que relacionam a resistência das paredes com a resistência de seus componentes, ou seja relacionam a resistência à compressão da parede com a resistência à compressão dos blocos, ou tijolos, e da argamassa de assentamento, como visto em Maceta (2.001).

2.2.1.1.b Requisitos a Serem Avaliados

Segundo Franco (1.987) a resistência da alvenaria estrutural não armada à compressão é influenciada pelos seguintes fatores:

- ☒ Componentes:
 - Blocos e
 - Argamassa
- ☒ Interação Bloco-Argamassa e
- ☒ Mão de obra.

A resistência à compressão das alvenarias pode ser avaliada através do ensaio de paredes, pelo ensaio de prismas, pelo ensaio de “paredinhas” e pelo ensaio dos elementos que a constituem. A avaliação de paredes à compressão simples é especificada na NBR 8.949 (1.985) –

Paredes de Alvenaria Estrutural: Ensaio à Compressão Simples, para os prismas temos a NBR 8.215 (1.983) - **Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural - Preparo e ensaio à compressão** e para os componentes seus ensaios específicos. O ensaio de resistência à compressão da argamassa é dado pela NBR 13.279 (2.005) – **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos: Determinação da Resistência à Tração na Flexão e na Compressão**. Para cada tipo de peças componentes da

alvenaria, sejam blocos ou tijolos, de concreto, cerâmico, sílico-calcáreo e concreto celular temos uma norma específica do ensaio à compressão.

Masseto (2.001) considera que além da resistência à compressão simples, o desempenho das paredes também deveriam ser verificado com relação às resistências à tração e à torção, bem como a conjugação das três resistências. A NBR 14.321 (1.999) trata da determinação da resistência ao cisalhamento e a NBR 14.322 (1.999) verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão, ambas de paredes de alvenaria estrutural.

2.2.1.1.c Valores Referenciais

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - estabelece uma classificação para a resistência à compressão dos blocos de concreto, de cerâmica de sílico-calcáreo e de concreto celular.

Também é importante levarmos em conta a estabilidade dimensional das alvenarias e dos blocos que a constituem. Franco (1.987) apresenta uma tabela, mostrada aqui como 2-C, com os coeficientes de variação dimensional das alvenarias em função do tipo de bloco que a constitui.

Tabela 2-C - Coeficientes de variação dimensional de alguns tipos de alvenaria - FRANCO (1.987).

Material	Coeficiente de expansão térmica ($^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$)	Coeficiente de expansão térmica da alvenaria ($^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$)	Variação dimensional devido à variação da umidade ($\% \times 10^{-3}$)	Variação dimensional da alvenaria devido à variação da umidade ($\% \times 10^{-3}$)
Tijolos e Blocos cerâmicos	3 a 6	5 a 8	de 2 a 10	de 20 a 120
Bloco sílico-calcáreo	11 a 18	8 a 14	de 10 a 50	de 10 a 50
Blocos de concreto	13	6 a 12	de 10 a 50	de 20 a 60

Abaixo temos a tabela 2-D com os valores máximos recomendados para a distância entre juntas de dilatação, devido à retração por secagem, segundo Sabbatini (2.002).

Tabela 2-D – Distância entre juntas de movimentação por retração na secagem - SABBATINI(2.002).

Material	Deformação Linear	Distância entre juntas (Arg. 1:1.6)	Distância entre juntas (Arg. 1:2.9)	Distância entre juntas (Arg. 1:2.9)
	mm/m	m	m	m
Cerâmico	+0,10	22	25	>30
Concreto (“de obra”)	-0,70	3	4	>6
Concreto (Cura a vapor)	-0,25	8,3	10	>12
Sílico-Calcáreo	-0,50	4,5	6	???
Concreto Celular	-0,60	3	4	>8

2.2.1.2 Resistência ao Impacto de Corpo Mole e Corpo Duro.

2.2.1.2.a Necessidade de Avaliação

Avaliar a resistência ao impacto de corpos moles e duros vem da necessidade de se garantir a segurança contra a entrada de outras pessoas. Para tanto são elaborados ensaios que simulam uma tentativa de invasão. Silva (1.998) expõe, a título ilustrativo, que um golpe de 1.000 J corresponde a energia de um ciclista se chocando contra uma parede, diz ainda que a energia de um golpe de ombros é de aproximadamente 120 J e de um pontapé de 60 J. Apresenta ainda que o golpe de uma pedra arremessada pelo transito de veículos é de cerca de 10 J.

2.2.1.2.b Requisitos a Serem Avaliados

O projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) propõe um método para avaliar a resistência ao impacto de corpos moles e duros.

Os requisitos a serem avaliados no caso de impacto de corpo duro devem ser:

- Ocorrência de falhas (A);
- Ocorrência de ruptura e transpassamento (B) e
- Profundidade das mossas resultantes (C).

A aplicação do impacto deve ser através da liberação de um corpo com dimensões padronizadas, em movimento pendular, sendo que na parte mais baixa da trajetória deve tangenciar a superfície em teste. Os dados de deslocamento horizontal instantâneo e do deslocamento horizontal residual, bem como a profundidade de cada mossa provocada deve ser registrada. Os deslocamentos são registrados através de aparelhos montados conforme a ilustração 2-2, a seguir.

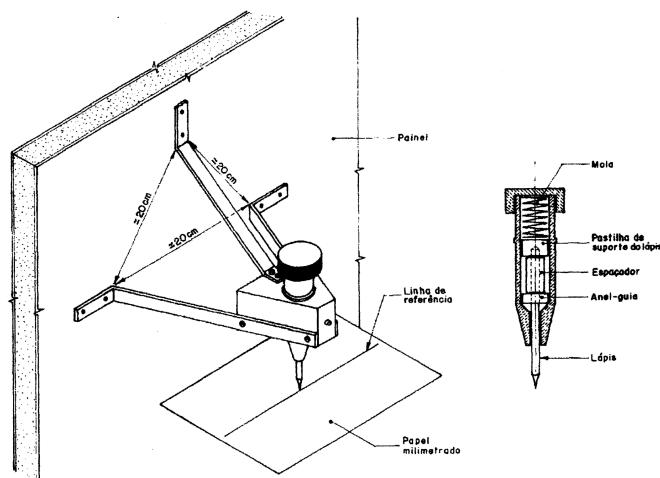


Ilustração 2-2 - Equipamento para medida de deslocamentos - NBR MB 3.256 (1.990).

A mesma norma avalia a ligação das portas com a alvenaria através de dois ensaios. O primeiro pelo fechamento brusco de uma porta, repetido dez vezes. O segundo ensaio é o de aplicação do impacto de um corpo mole, já definido acima, no centro da porta, com uma energia de 240J. Serão dois impactos, o primeiro no sentido do fechamento da porta e o segundo no sentido da abertura da porta. Para portas internas poderá ser efetuado apenas um impacto no sentido de fechamento da mesma. As portas deverão ser ensaiadas do mesmo modo como serão instaladas, ou em modelo real. Também deverão possuir as dobradiças e fechaduras que serão realmente utilizadas.

Para que seja considerada como de desempenho Mínimo (M) a parede em que se encontra a porta submetida ao ensaio de fechamento brusco não deve apresentar falhas como:

- Rupturas;
- Fissuras;
- Destacamento no encontro com o contramarco;
- Cisalhamento nas regiões de solidarização do marco;
- Destacamentos em juntas de componentes das paredes, entre outros.

Já para o ensaio de impacto de corpo mole na folha da porta não deverão ocorrer arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede, sendo admissíveis fissuras e estilhaçamentos localizados no contorno do marco.

2.2.1.2.c Valores Referenciais

Para se avaliar a resistência ao impacto de corpos moles, em residências, o projeto de norma da ABNT 02:136.01.004 (2.004) propõe a seguinte relação para que se considerem como de desempenho Mínimo ou Intermediário (X / Y) as restrições expostas na tabela 2-E.

Tabela 2-E - Impacto de corpo mole para casas – ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Energia (J)	Corpo Impactador		Parede de fachada com função estrutural ¹		Parede de fachada com função de vedação ¹		Paredes Internas	
	Peso (Kg)	Altura (m)	Impactos Externos	Impactos Internos	Impactos Externos	Impactos Internos	Com função estrutural	Sem função Estrutural
960	40,0	2,40	- / A					
720	40,0	1,80	A / A		- / A			
480	40,0	1,20	A / C	B / -	A / A			A / -
360	40,0	0,90	A / C		A / C	B / -	A / -	
240	40,0	0,60	D / D	B / -	E / E		F / -	- / A
180	40,0	0,45	C / C	C / -	C / C	B / -	C / -	C / F
120	40,0	0,30	C / C	D / -	C / C	E / -	D / -	F / E
60	40,0	0,15					C / -	E / C
A Não ocorrência de Ruína B Não ocorrência de Ruína ou traspasse da parede pelo corpo impactador C Não ocorrência de falhas D Não ocorrência de falhas e limitação de deslocamentos $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1.250$ E Não ocorrência de falhas e limitação de deslocamentos $d_h \leq h/125$ e $d_{hr} \leq h/625$ F Admitidas falhas isoladas								
X/Y	Desempenho Mínimo / Intermediário							

Já para edifícios os requisitos são os expressos na tabela 2-F. A avaliação dos impactos externos devem ser efetuada nas alvenarias que tenham acesso externo ao público o que normalmente se dá no pavimento térreo.

Tabela 2-F - Impacto de Corpo Mole em Edifícios – ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Energia (J)	Corpo Impactador		Parede de fachada com função estrutural ¹		Parede de fachada com função de vedação ¹		Parapeitos e Guarda-Corpos ¹		Paredes Internas	
	Peso (kg)	Altura (m)	Impactos Externos	Impactos Internos	Impactos Externos	Impactos Internos	Impactos Externos	Impactos Internos	Com função estrutural	Sem função Estrutural
960	40,0	2,40	A / -				A / -			
720	40,0	1,80	A / -		A / -					
480	40,0	1,20	C / -	B / -	A / -		C / -	A / -		
360	40,0	0,90	C / -		C / -	B / -			A / -	
240	40,0	0,60	D / -	B / -	E / -		C / -		F / -	- / A
180	40,0	0,45	C / -	C / -	C / -	B / -		C / -	C / -	- / F
120	40,0	0,30	C / -	D / -	C / -	E / -		C / -	D / -	F / E
60	40,0	0,15							C / -	E / C
A Não ocorrência de Ruína B Não ocorrência de Ruína e traspasse da parede pelo corpo impactador C Não ocorrência de falhas D Não ocorrência de falhas e limitação de deslocamentos $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1.250$ E Não ocorrência de falhas e limitação de deslocamentos $d_h \leq h/125$ e $d_{hr} \leq h/625$ F Admitidas falhas isoladas X/Y Desempenho Mínimo / Intermediário										

O projeto de norma apresenta como nota que em fachadas leves ($G \leq 60 \text{ kg/m}^2$) o deslocamento instantâneo pode atingir o dobro do especificado. Ressalta ainda que para vedações internas sem função estrutural o impacto pode ser reduzido para 60 J. Para o componente interno e na vedação interna. Com as ressalvas de que sua ruptura não deve comprometer a segurança e a estanqueidade e que sua reposição seja simples, com materiais disponíveis no mercado.

Para se avaliar a resistência ao impacto de corpo duro é apresentada a tabela 2-G, proposta pelo projeto de norma da ABNT 02:136.01.004 (2.004), as condições especificadas em IPT (1.998?) estão cobertos por esses requisitos, sendo o documento da ABNT mais abrangente e propõe a seguinte relação para que se considerem como de desempenho Mínimo ou Intermediário (M / I). Para cada energia devem ser aplicados dez impactos.

Tabela 2-G - Impacto de Corpo Duro Segundo Proposta de Norma – ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Energia (J)	Corpo Impactador		Parede de fachada		Paredes Internas
	Peso (Kg)	Altura (m)	Impactos Externos	Impactos Internos	
20,00	1,0	2,00	B / B		
10,00	1,0	1,00		B / B	B / B
3,75	0,5	0,75	A / C		
2,50	0,5	0,50		A / C	A / C
A Sem falhas B Sem ruptura ou traspassamento C Sem falhas e mossas de até 2,0mm X/Y Desempenho Mínimo / Intermediário					

2.2.1.3 Cargas Concentradas

2.2.1.3.a Necessidade de Avaliação

A instalação de uma pia, uma de uma rede para se dormir ou um armário suspenso é corriqueira em qualquer edifício. As alvenarias que constituem essa edificação devem prover o suporte necessário para as cargas de trabalho, além de cargas acidentais como, por exemplo, o suporte ao peso de uma pessoa apoiada sobre o bordo de uma pia.

O documento IPT (1.998?) apresenta os critérios que deverão ser atendidos, tanto para peças suspensas, como para redes de dormir. O projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) atende os mesmo critérios e os amplia. Trata os limites impostos no texto do IPT (1.998?) como critério desempenho mínimo (M) para qualquer edificação até 5 pavimentos e dá parâmetros para que uma alvenaria seja considerada como de desempenho intermediário (I) e de desempenho superior (S).

2.2.1.3.b Requisitos a Serem Avaliados

Os parâmetros a serem avaliados pelo projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) são a limitação dos deslocamentos horizontais resultantes da instalação de um aparelho de apoio apresentado na ilustração 2-3 quando se aplica uma determinada carga. Para diferentes cargas aplicadas teremos diferentes parâmetros de controle.

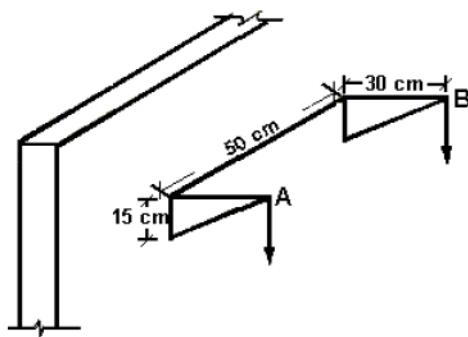


Ilustração 2-3 - Mão Francesa Padrão – ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Os parâmetros a serem avaliados pelo projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) são a limitação dos deslocamentos horizontais resultantes

2.2.1.3.c Valores Referenciais

O principal item a ser avaliado é a ocorrência de falhas. Caso este critério seja cumprido verificamos se os deslocamentos horizontais imediatos (d_h) são menores que a altura da alvenaria dividida por 500 ($d_h \leq h/500$) e se os deslocamentos horizontais residuais (d_{hr}) são menores que a altura dividida por 2.500 ($d_{hr} \leq h/2.500$), sendo “h” a altura da alvenaria.

Se os critérios forem atendidos com uma carga final de 800N, a alvenaria é considerada de desempenho mínimo (M), se a carga final for de 1.000N o desempenho é considerado intermediário (I) e se a carga for de 1.200N o desempenho será superior (S). A carga deve ser aplicada com em incrementos de 50N, aguardando um prazo de 3 minutos. Após se estabelecer o carregamento final aguarda-se 24 horas.

2 . 2 . 2 Segurança contra o Fogo

O desempenho quanto à segurança contra o fogo de uma alvenaria corresponde ao comportamento da alvenaria quando exposta a um incêndio.

Um incêndio pode ser descrito como uma reação em cadeia que se dá pela queima de um combustível, na presença de um comburente, ativado pelo calor. Pode-se avaliar a progressão de um incêndio pela evolução da temperatura dos gases em função do tempo.

Ou, resumidamente, um incêndio se inicia quando quatro fatores estão presentes:

- ☒ Combustível;
- ☒ Comburente (oxigênio);
- ☒ Calor e
- ☒ Reação em cadeia.

Os efeitos devastadores de um incêndio são sentidos anos após sua extinção. Em Londres ocorreram grandes incêndios em 798, 982, 1.189, 1.212 e 1.666. Apenas a catedral de *Saint Paul* foi destruída total ou parcialmente cinco vezes até 1.666. Em 1.189 uma lei local estabeleceu que as paredes e os telhados deveriam ser de material incombustível. Em 1.212 um incêndio que começou na Ponte de Londres (*London Bridge*) resultou em mais de 3.000 vítimas fatais.

O incêndio de 1.666 se tornou célebre, não só pela devastação ocorrida, mas também pela repercussão provocada. Queimou quase 75% da cidade, deixando 25% da população desabrigada, cerca de 100.000 pessoas. Consumiu 13.000 casas, 87 igrejas, capelas, hospitais, bibliotecas e causou um número surpreendente de vítimas fatais, 6.

Em 1.667 foi estabelecido o “*Act of Rebuilding The City of London*”. Que elenca regras básicas para conter o alastramento do incêndio entre edifícios. A repercussão desse incêndio é sentida até os dias de hoje, pois foi a partir deste documento que se estabeleceu o sistema de

seguros como nós o utilizamos hoje, além disso foram estabelecidas normas de segurança contra incêndio e a formação de um corpo de bombeiros, por iniciativa das seguradoras. Todo esse relato histórico foi retirado das notas de aula da disciplina AUT-0579 da FAU-USP, encontradas na Internet no endereço:

http://www.fau.usp.br/disciplinas/paginas/arquivos/aut_0579_aula_incendio_1.pdf

2.2.2.1 Necessidade de Avaliação

A avaliação da reação das alvenarias frente ao fogo é dos fatores de maior relevância para a segurança de seus usuários, pois seu desempenho pode comprometer vidas humanas, além de danos ao patrimônio, nem sempre completamente recuperáveis.

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo é um dos melhores do mundo, conforme apresentado em Corpo de Bombeiros (2.005). Não sem motivos. Abaixo vemos algumas ocorrências no estado de São Paulo, de 1.972 até 1.987, conforme Camargo (1.987).

Tabela 2-H – Principais Incêndios no Estado de São Paulo de 1.972 a 1.987 - CAMARGO (1.987).

Data	Local	Cidade	Ocupação	Vítimas Fatais	Observações
24/02/1.972	Edifício Andraus	São Paulo	Escritórios	16	
01/02/1.974	Edifício Joelma	São Paulo	Escritórios	189	
04/09/1.978	Conjunto Nacional	São Paulo	Escritórios	-	Início 1 ^a Sobreloja. Focos do 1 ^o ao 6 ^o andar.
14/02/1.981	Edifício Grande Avenida	São Paulo	Escritórios	17	12 vítimas na caixa de escadas e nos sanitários.
25/02/1.984	Favela da Vila Socó	Cubatão	Residências	“90”	Vazamento de 700.000 litros de gasolina
24/12/1.986	Supermercado Eldorado	São Paulo	Supermercado	2	Início 1h20min
21/05/1.987	Edifício CESP	São Paulo	Escritórios	1	Início no 5 ^o andar. Destruiu blocos I e II.

2.2.2.2 Requisitos a Serem Avaliados

Um incêndio pode ser medido segundo a evolução da temperatura dos gases produzidos durante a combustão da carga de incêndio. Ensaios levaram ao desenvolvimento de um método matemático para a previsão da evolução da temperatura desses gases que é definido como incêndio natural. Silva (1.997) analisa o resultado de diversos incêndios e afirma que a temperatura dos gases no interior de um compartimento em que ocorre um incêndio é determinada pelos seguintes fatores:

- ☒ Carga de Incêndio (Combustível);
- ☒ Grau de Ventilação (Comburente e Reação em Cadeia) e
- ☒ Características térmicas do material componente da vedação (Calor e Reação em Cadeia).

No mesmo trabalho conclui que:

- ☒ A temperatura máxima de incêndio se eleva com o aumento da carga de incêndio específica;
- ☒ A temperatura máxima de incêndio se eleva com o aumento do grau de ventilação;
- ☒ A duração de um incêndio cresce com o aumento da carga de incêndio específica e
- ☒ A duração de um incêndio diminui com o aumento do grau de ventilação.

A carga de incêndio é definida pela NBR 14.432 (2.000) e pelo Corpo de Bombeiros (2.005), baseado no decreto estadual de número 46.076 de 2.001, em sua IT-14/2004. Nela também encontramos o formulário e os valores referenciais para o cálculo de cargas de incêndio com base no material encontrado em cada ambiente. Cabe aqui lembrar a dissertação de Assis (2.001) que conclui que as cargas estabelecidas na norma citada estão cerca de 30% abaixo dos valores encontrados em sua pesquisa.

A carga de incêndio é comumente expressa em MJ, sendo a carga de incêndio específica dada em MJ/m². Como o calor específico da madeira (17 a 20 MJ / Kg) é muito próximo ao dos materiais comumente utilizados em edificações (16 a 23 MJ / Kg), por simplificação

algumas publicações adotam a carga de incêndio como se fosse constituída apenas por madeira (Kg de madeira / m²), como citado em Silva (1.997).

O grau de ventilação é função das dimensões de cada ambiente e das esquadrias que fazem parte da vedação. É através dos vãos das esquadrias que ocorre a renovação do ar responsável pela reação em cadeia, já que o ar em um compartimento de 30 m² tem oxigênio suficiente para queimar apenas 7,5 Kg de madeira, conforme Corpo de Bombeiros (2.005) em sua IT-02/2004.

As características térmicas das vedações podem ser avaliadas pela sua Efusividade Térmica:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Sendo:

b = efusividade térmica (W/m².K);

λ = condutividade térmica (W/m.K);

ρ = densidade do material (Kg / m³) e

c = calor específico (J / Kg.K).

A efusividade térmica está diretamente relacionada com a quantidade de energia que um material pode absorver e restituir ao ambiente. Segundo Dornelles (2.004) uma parede com efusividade elevada (alto “b”), retirará calor do ambiente. Esse processo pode retardar a curva de crescimento das temperaturas dos gases de um ambiente durante um incêndio.

Desde de 31 de agosto de 2.001 está em vigor, para o estado de São Paulo, o decreto já citado de número 46.076. Neste decreto classifica as edificações conforme sua utilização e suas características geométricas, como área de piso e altura. Baseado nestes parâmetros define os

cuidados a serem tomados para cada tipo de edificação, conforme sua classificação. Três são os parâmetros que envolvem as vedações, a saber:

- ☒ Segurança Estrutural contra Incêndios;
- ☒ Controle de Material de Acabamento e
- ☒ Compartimentação Horizontal e Vertical.

A segurança estrutural deve ser avaliada como contenção e sobrevivência ao contato com o fogo. É avaliada confrontando-se a resistência de determinada alvenaria com os Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo (TRRF), para dado ambiente. O controle dos materiais de acabamento é importante, pois é a única parte de uma alvenaria que pode ser capaz de produzir fumaça. Já a compartimentação dos ambientes está ligada ao desenho arquitetônico, sendo que os critérios serão novamente referidos aos Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo (TRRF).

De modo geral, para o controle da segurança estrutural contra incêndios a NBR 5.628 (2.001) estabelece os seguintes parâmetros a serem avaliados:

- ☒ Estabilidade Mecânica, frente ao fogo;
- ☒ Estanqueidade e
- ☒ Isolamento Térmico.

A Estabilidade Mecânica é verificada pela aplicação de uma carga a ser mantida constante durante o ensaio, essa carga deve produzir o mesmo tipo de carregamento e da mesma ordem de grandeza das cargas presentes em situação de uso comum. Considera-se resistente ao fogo o elemento ensaiado que não sofra ruptura ou deslocamentos transversais superiores aos definido.

Um elemento estanque é aquele que possui a capacidade de bloquear as chamas aplicadas a um de seus lados, não permitindo que apareçam do outro lado através de trincas ou fissuras, bloqueando a passagem dos gases quentes. A verificação se dá com a aplicação de um chumaço de algodão próximo à face oposta à que recebe as chamas. Esse chumaço deve estar próximo sem tocá-lo. O critério é que o chumaço não deverá ser inflamado.

Isolamento térmico, é definido como a capacidade de um elemento em resistir à aplicação de chamas de um lado, sem que o outro seja exposto a uma elevação da temperatura excessiva. Considerando-se excessiva uma temperatura média, sendo tomadas medidas em vários pontos, de 140°C ou 180°C em qualquer dos pontos sob medição.

Como podemos notar na tabela 2-I, Birindelli (1.987) apresenta uma série de tipos de alvenarias com suas respectivas resistências ao fogo.

Tabela 2-I – Tabela de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo, segundo UCB – BIRINDELLI (1.987).

	<i>Especificação</i>	<i>Espessura</i>	<i>Resistência ao fogo</i>
Alvenaria	Tijolo de barro cozido maciço	10 cm	1 h
		15 cm	2 h
		20 cm	4 h
	Tijolo de barro cozido maciço revestido de argamassa com espessura de 1,5 cm de cada lado	12 cm	2 h
		20 cm	3 h
		22 cm	4 h
		25 cm	4 h
	Blocos de concreto com escória expandida	5 cm	1 h
		8 cm	2 h
		10 cm	3 h
		12 cm	4 h
		7 cm	1 h
Concreto	Blocos de concreto com argila expandida	10 cm	2 h
		12 cm	3 h
		14 cm	4 h
		7 cm	1 h
		11 cm	2 h
	Bloco de concreto comum	13 cm	3 h
		16 cm	4 h
		9 cm	1 h
		13 cm	2 h
		15 cm	3 h
Armado	Armado	17 cm	4 h
		10 cm	1 h
		14 cm	2 h
		16 cm	3 h
		19 cm	4 h
	Divisória de gesso em placas	5 cm	2 h

Com uma breve análise na Tabela 2-I, podemos notar que a execução de revestimento de argamassa, com 1,5cm de cada lado de uma alvenaria com blocos cerâmicos de 9x19x29 eleva sua resistência ao fogo de três para quatro horas.

Outros tipos de revestimentos de alvenaria produzem outros efeitos. Melhado (1.987) apresenta diversos tipos de revestimentos e sua ação na proteção das alvenarias. Um exemplo importante é o caso do revestimento de gesso. O gesso em contato com o fogo se calcina liberando vapor de água, em uma reação conhecida como Geração Térmica de Umidade. No mesmo trabalho apresenta outros tipos de revestimentos quimicamente reativos, como o mastique a base de resina epóxica que tem a propriedade de amolecer e liberar CO₂.

A grande quantidade de água na composição do gesso endurecido faz com que absorva uma grande quantidade de calor para sua desidratação e vaporização, chegando a 300 kcal / kg, como apresentado em Dias e Cincotto (1.995). No mesmo trabalho apresentam uma tabela comparativa das temperaturas registradas em corpos de prova de alguns materiais comuns, com 5 cm de espessura, submetidos a uma temperatura de 1.000 °C no outro lado, após 210 minutos apresentados na tabela 2-J.

Tabela 2-J – Comparação entre a Transmissão Térmica de Materiais - DIAS e CINCOTTO (1.995).

<i>Material</i>	<i>Temperatura máxima</i>
Gesso de Construção	100°C
Concreto Celular	de 100°C a 280 °C
Pasta pura de cimento	de 150°C a 350°C
Argamassa à base de cimento	de > 150°C a > 400°C

Além da alvenaria em si é importante que se controle o acabamento que a vedação receberá. O controle dos materiais de acabamento é necessário para que se restrinja a propagação do fogo através da ignição de materiais que estejam em contato com a alvenaria.

Para que possamos avaliar a propagação de chamas sobre a superfície de um material temos o chamado Índice de Propagação de Chama que é definido e ensaiado, conforme a NBR 9.442 (1.986). Este índice relaciona tanto a quantidade de calor desenvolvido pelo material como a velocidade da chama na superfície do mesmo e apresentado na tabela 2-K. Sua importância fica clara quando verificamos que o rápido desenvolvimento do incêndio do edifício

CESP, na av. Paulista, foi ocasionado pelo emprego de forros falsos de material com classe C, como afirma Seito (1.987).

$$I_p = P_c \times Q$$

Sendo:

I_p = Índice de Propagação Superficial de Chamas;

P_c = fator de propagação de chama e

Q = fator de evolução de calor.

Sua classificação é a seguinte:

Tabela 2-K – Classificação conforme I_p – Índice de Propagação Superficial de Chamas.

Classe	I_p	
	Mínimo	Máximo
A	0	25
B	26	75
C	76	150
D	151	400
E	401	Em diante

Segundo o projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) a densidade ótica específica Máxima de Fumaça deve ser ensaiado e calculado segundo a ASTM E 662, para os materiais combustíveis. E a classificação entre combustível ou incombustível deve ser efetivada segundo a ISO 1182.

Cabe aqui ressaltar que grande parte das vítimas fatais em incêndios se dá pela inalação de fumaça e por não se achar uma rota de fuga em meio à fumaça. No caso do incêndio ocorrido no edifício Grande Avenida, onde das 17 vítimas fatais, 12 foram encontradas nas escadas e nos sanitários, conforme Camargo (1.987). Gonçalves (1.987) apresenta os gases mais comuns em incêndios e seus efeitos, sendo reproduzido na tabela 2-L.

Tabela 2-L – Gases produzidos em incêndios e seus efeitos - GONÇALVES (1.987).

Gás	Nome	Efeitos	Dose Fatal	Origem
CO	Monóxido de Carbono	Asfixia	0,4% em 1 hora 1,3% em minutos	Todos os materiais orgânicos.
CO₂	Dióxido de Carbono	Respiração ofegante, dilatação dos pulmões	10% em poucos minutos	Todos os materiais orgânicos.
NO₂	Dióxido de Nitrogênio	Anestésico e ataque ao sistema respiratório	0,02% a 0,07% em poucos minutos	Nitrato celular e nitratos inorgânicos
NH₃	Amônia	Irritações	0,3% em pouco tempo	Lã, seda e alguns plásticos.
H₂S	Ácido Sulfídrico	Danifica sistema nervoso e paralisa sistema respiratório	0,07% em 30 minutos	Madeira, alimentos e materiais orgânicos.

A partir dessa classificação temos um limite máximo fixado pelo Corpo de Bombeiros (2005) em sua Instrução Técnica IT-10/2004, nela temos relacionados o material de revestimento que pode ser utilizado, com a tipologia da ocupação do imóvel. E também no projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Restrições arquitetônicas podem ser a execução de paredes dividindo ambientes muito extensos ou com cargas de incêndio grandes, como podem ser detalhes de selagem das tubulações que correm por *shafts*, como apresentado em Landi (1.987) e em Corpo de Bombeiros (2.005) em sua IT-09/2004. Para cada detalhe um TRRF é definida.

2.2.2.3 Valores Referenciais

Para classificarmos as alvenarias quanto à sua resistência ao fogo, é necessário a aplicação dos critérios prescritos na NBR 5.628 (2001). As alvenarias, bem como quaisquer outros elementos submetidos a esses ensaios são classificadas segundo o tempo de resistência em minutos. Caso resista aos critérios de avaliação de Estabilidade, de Estanqueidade e de Isolamento Térmico é considerado **Corta-Fogo**. Caso passe nos critérios de Estabilidade e

Estanqueidade, mas seja reprovado no de Isolamento Térmico, sua classificação é de **Pára-Chama**.

Os graus, tanto de Pára-Chama, quanto de Corta-Fogo, são os seguintes: 360, 240, 180, 120, 90, 60, 45, 30 e 15.

Teremos, então, as classificações para Pára-Chamas:

☒ PC360, PC240, PC180, PC120, PC90, PC60, PC45, PC30 e PC15.

E para Corta-Fogo:

☒ CF360, CF240, CF180, CF120, CF90, CF60, CF45, CF30 e CF15.

O Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, também aceita essa graduação, tanto de Pára-Chama quanto de Corta-Fogo e estabelece como critério de avaliação o TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo) apresentando uma tabela de valores de alvenarias já ensaiadas. Essa tabela foi incluída nesse documento como Anexo A.

Já Przetak (1.977), apresenta uma série de detalhes das alvenarias com seus respectivos TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo), baseado no *Uniform Building Code* nas edições de 1.973 e 1.976. Abaixo são apresentados dois exemplos, nas figuras 2-4 e 2-5, de alvenaria de bloco de cerâmicos com 1 hora de TRRF e de blocos de concreto com 4 horas de TRRF.

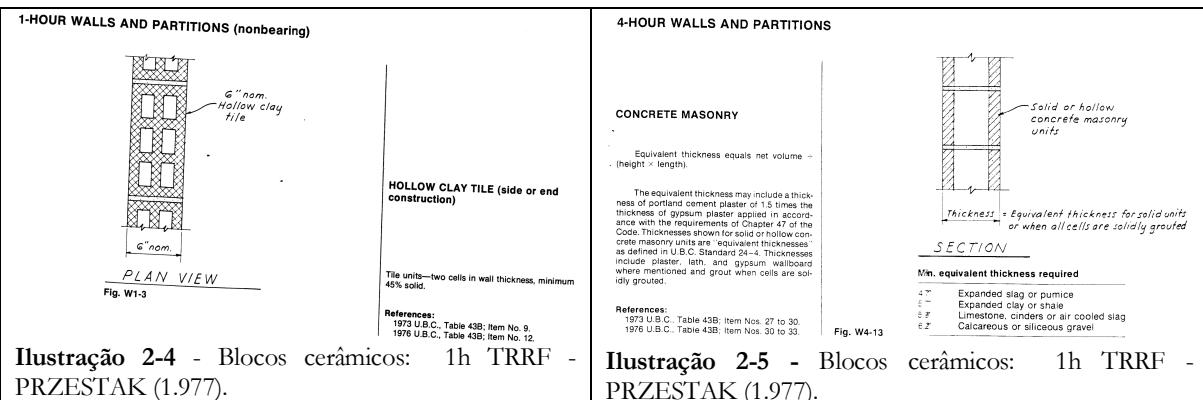


Ilustração 2-4 - Blocos cerâmicos: 1h TRRF - PRZESTAK (1.977).

Ilustração 2-5 - Blocos cerâmicos: 1h TRRF - PRZESTAK (1.977).

Caso se deseje encontrar o tempo que uma determinada alvenaria resista ao fogo, diferentes dos dados já tabelados nacional ou internacionalmente, é necessária a execução de ensaios conforme a NBR 14.432 e NBR 5.628.

Alternativamente é possível se calcular analiticamente o tempo de resistência de uma vedação. Para tanto o Corpo de Bombeiros de São Paulo aplica uma formulação apresentada no IT-08/2004 de Corpo de Bombeiros (2005). Essa formulação relaciona as efusividades das vedações, as dimensões do compartimento e das ventilações, a existência de sistemas de detecção automática, de chuveiros automáticos e de brigada de incêndio, bem como o risco da atividade.

A avaliação da compartimentação é importante para a proteção de rotas de fugas e isolação de possíveis focos de incêndio. A maior parte de suas restrições está ligada ao projeto arquitetônico. A NBR 9.077 (2.001) estabelece que para uma edificação seja considerada de propagação difícil, entre outros pontos, que suas paredes externas tenham um TRRF de 2 horas. As alvenarias que separam as áreas comuns da unidade autônoma devem ter um TRRF de 2 horas e, para edifícios altos ($h \geq 30$ m ou que tenham $h \geq 12$ m e sejam de difícil acesso pelo Corpo de Bombeiros), TRRF de 4h. Especifica ainda que os dutos presentes nas antecâmaras das escadas de incêndio e as escadas de incêndio não enclausuradas devem ter um TRRF de 2h. Já as escadas enclausuradas à prova de fumaça, as alvenarias de proteção dos elevadores de emergência e toda a estrutura das áreas de refúgio deverão possuir um TRRF de 4h.

Já a NBR 14.880 (2.002) regula que os elementos componentes de um sistema de pressurização devem ser protegidos contra o fogo por um mínimo de 2 horas. Também estabelece este limite (TRRF de 2 horas) para os dutos e elementos de ancoragem de tomadas de ar e sua distribuição, em áreas sujeitas a incêndio.

O projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004), para edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, estabelece como critério um TRRF de 30 minutos para qualquer alvenaria nos

critérios de Estabilidade, Estanqueidade e Isolamento Térmico. Exceto no caso de paredes estruturais internas em que se abre mão dos critério de Estanqueidade e de Isolamento Térmico. Em sua seção sobre segurança contra incêndio estabelece os seguintes critérios para as paredes internas e as faces internas das paredes de fachada, de acordo com cada compartimento, apresentado na tabela 2-M:

Tabela 2-M – Critério de propagação superficial de chama – ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Compartimento	I_p	Classe
Cozinha	75	B
Outros locais de uso privativo exceto cozinha	150	C
Outros locais de uso comum (escadas, halls, etc)	25	A

O mesmo projeto de norma quando se refere ao revestimento das fachadas propõe o seguinte critério da tabela 2-N:

Tabela 2-N – Classe do revestimento de fachada pelo tipo de residência– NBR 02:136.01.004 (2.004).

Edificação	I_p	Classe
Unifamiliares isoladas	75	B
Unifamiliares geminadas	25	A
Multifamiliares	25	A

O controle de fumaça tanto o Corpo de Bombeiros (2.005) em sua IT-10/2004, quanto o projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) estabelecem como limite para a de densidade ótica $D_m \leq 450$, segundo ASTM E662 para os materiais combustíveis. Os materiais incombustíveis não necessitam de avaliação e são definidos como tal pela ISO 1182.

2 . 2 . 3 Estanqueidade à Água

A presença de umidade nas edificações é um fator que favorece o aparecimento de patologias, tanto na edificação quanto em seus usuários, interferindo fortemente no conforto térmico, na salubridade e na durabilidade do ambiente construído. A estanqueidade à água dos ambientes é influenciada pelo tipo vedação empregada, no entanto vem sendo relegada como retrata Kazmierczak (1.989), quando em suas conclusões afirma que:

“Pode-se constatar a existência de grande número de patologias causadas pela chuva em alvenarias. Apesar disto, verifica-se que a escolha dos tipos de alvenaria a serem adotados em edificações costuma ser aleatória, não havendo preocupação com o desempenho perante as solicitações impostas. Algumas construtoras tendem a utilizar os materiais mais baratos, podendo incorrer em erros como o uso de tijolos de má qualidade e argamassas industrializadas de procedência e características desconhecidas, que podem comprometer a qualidade da alvenaria.”

No mesmo trabalho Kazmierczak (1.989) cita o *CSTC – Centre Scientifique et Technique de la Construction* que apurou que 37% das patologias encontradas foram referentes à umidade sendo 10,97% especificamente devido à infiltração pelas alvenarias. No mesmo trabalho ainda cita pesquisa realizada pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas que analisou 36 conjuntos habitacionais do estado de São Paulo e produziu a tabela 2-O, reproduzida a seguir.

Tabela 2-O - Incidência de Patologias em Edificações - KAZMIERCZAK (1.989).

<i>Tipo de Edificações</i>	<i>Idade (anos)</i>	<i>Percentual de Patologias</i>		
		Umidade	Trincas	Descolamento do revestimento
Térrea	1 a 3	42%	29%	29%
	4 a 7	50%	25%	25%
	> 8	37%	35%	28%
Apartamento	1 a 3	52%	35%	7%
	4 a 7	86%	14%	-
	> 8	82%	12%	6%

Conciliando classificações de diversos países Perez (1.986) classifica as origens da água nas edificações como:

- ☒ **Umidade de Obra:** Inerente ao processo construtivo;
- ☒ **Umidade de Absorção e Capilaridade:** Água proveniente de contato com o solo;
- ☒ **Umidade de Infiltração:** Proveniente de chuva e que penetra no edifício;
- ☒ **Umidade de Condensação:** Proveniente de vapor condensado dentro ou fora os elementos componentes da edificação e
- ☒ **Umidade Acidental:** Provenientes de vazamentos.

A umidade dentro do ambiente construído é causa de um grande número de doenças ligadas à proliferação de microrganismos nocivos ao homem e que causam comumente gripes, rinites, artrites além de doenças bronco-pulmonares, como citado em Perez (1.986).

O aparecimento, manutenção e desenvolvimento destes microrganismos têm relação direta com a umidade. Sato (1.98-?) citando Denham (1.987) e Aberg (1.989) afirma que uma UR (Umidade Relativa) entre 65% e 70% apresenta um ambiente propício para a proliferação de microorganismos. No mesmo trabalho faz a análise por meio de elementos finitos estudando o fenômeno da percolação de água através da transferência de massa unidirecional. Nesse trabalho recomenda que sejam considerados em projeto detalhes que evitem a percolação das águas de chuva, que a pintura seja executada com o substrato bem seco e que antes de qualquer repintura seja efetuada a lavagem das fachadas para a eliminação de microrganismos existentes.

Entre os efeitos deletérios descritos por Perez (1.986), podemos citar:

- ☒ Corrosão de metais;
- ☒ Manchas de umidade em paredes pintadas;
- ☒ Eflorescência;
- ☒ Proliferação de bolores, fungos, algas e liquens;
- ☒ Descolamento de revestimentos, entre outros.

Sabbatini (1.986) nos ensina:

“Não existem paredes de alvenaria impermeáveis. Existem paredes resistentes à penetração de água de chuva. Com variados graus de resistência. Portanto com variados graus de riscos de insucesso, frente a exigência de estanqueidade”.

No mesmo trabalho cita Grimm (1.986) que afirma:

“Vazamentos em paredes de alvenaria são causados primordialmente pela água que permeia por fissuras (ocasionadas por perda de aderência ou outros fatores) de 0,1 a 1 mm, entre o bloco e a argamassa. A água que passa através do bloco ou da argamassa por capilaridade não é significante. Somente em certas condições – chuvas com vento de grande intensidade, é que pode ocorrer...

... A avaliação em mais de 100 edifícios com vazamentos pelas paredes revelou que nenhum era devido à absorção de água pelos blocos”.

Também trás a tabela 2-P com o tempo de saturação sob chuva intensa, com vento, de paredes revestidas ou não.

Tabela 2-P - Tempo para Saturação de Alvenarias Com ou Sem Revestimento - KALKSANDSTEIN (1.972).

<i>Tipo do componente de alvenaria</i>	<i>Espessura (cm)</i>	<i>Tempo para ficar Saturada (h)</i>	
		<i>Revestida</i>	<i>Não revestida</i>
Bloco Sílico-Calcáreo	25	68	13
Tijolo Cerâmico Maciço	38	86	9
Tijolo Cerâmico Furado	24	82	10
Bloco de Concreto Celular Autoclavado	20	69	1

A falha de impermeabilização do contato das alvenarias com o terreno é outro fator de patologias em residências térreas. Nappi (1.996) cita Eichler (1.973) e apresenta a tabela 2-Q, transcrita abaixo, que relaciona o diâmetro dos capilares com a altura teórica que a água pode atingir.

Tabela 2-Q – Altura máxima teórica de coluna d’água X Diâmetro do capilar - EICHLER(1.973).

<i>Diâmetro dos Capilares (mm)</i>	<i>Altura Máxima (mm)</i>
1,00	15
0,01	1.500
0,0001	150.000

Como estanqueidade à água nos referimos tanto à água em sua forma líquida, quanto em forma de vapor. Ambas as formas de estanqueidade devem ser avaliadas, pois em alguns casos é interessante que a água interna aos elementos de vedação trabalhem a favor do conforto térmico, enquanto que a estanqueidade frente às águas de chuva deverá sempre ser garantida.

A água presente no ar, em forma de vapor, é medida em termos de UR (Umidade Relativa), que é definida como o quociente entre a pressão do vapor de água e a pressão de vapor em um ambiente saturado, ou como a quantidade de vapor contida no ar comparado com a quantidade de vapor que saturaria a mesma quantidade de ar, na mesma temperatura. Por consequência temos o conceito de temperatura de orvalho que é aquela na qual qualquer acréscimo de vapor provocará sua condensação, pois o ar do ambiente já está saturado. Como mostra Perez (1.986) citando diversos autores.

No mesmo trabalho Perez (1.986) cita a ASTM Standardization News de novembro de 1.984 que relata que a evaporação em uma casa média no Canadá, em um período seco é estimada em 200 litros. Também é relatado que a água em forma de vapor, em contato com um meio poroso hidrófilo, como o caso da maioria dos componentes das alvenarias, entra em equilíbrio dinâmico tornando-se a umidade de cada um desses componentes

No caso específico de penetração de água de chuva Bauer (1.987) cita uma sistematização de Garden que estabelece que para haver percolação da água de chuva é necessário que ocorram, concomitantemente:

- ☒ Água sobre a superfície da parede;
- ☒ Abertura através das quais a água pode penetrar e
- ☒ Forças que obriguem a água a entrar pela abertura.

Na ilustração 2-6, apresentada em Perez (1.986) temos uma demonstração esquemática desse processo, nela estão presentes: camada d'água, aberturas e forças atuantes. Nesse caso específico vemos uma camada de água sobre uma base porosa higroscópica, como uma camada de argamassa.

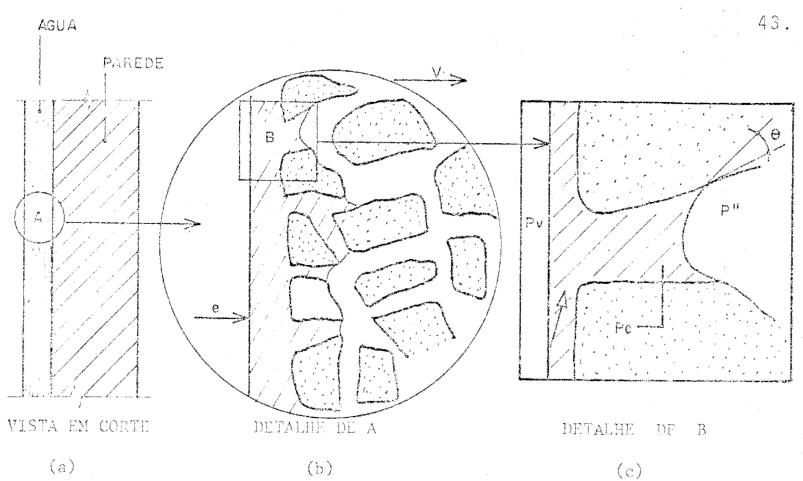


Ilustração 2-6 - Fixação de umidade por capilaridade em material poroso hidrófilo - PEREZ (1.986).

Em uma parede de fachada, durante uma chuva, forma-se um filme de água aderido. Sobre esse filme atuam forças de capilaridade, gravidade e pressões externas, como a do vento, como apresentado na ilustração 2-7. Estas forças trabalham conjuntamente. Para a análise precisaremos nos concentrar apenas nas forças referente a pressões externas, pois apenas essas variam conforme a localização, todos os outros parâmetros são inerentes ao processo construtivo e ao subsistema vedação. Ou seja para um mesmo método construtivo devemos avaliar a localização em que será utilizado.

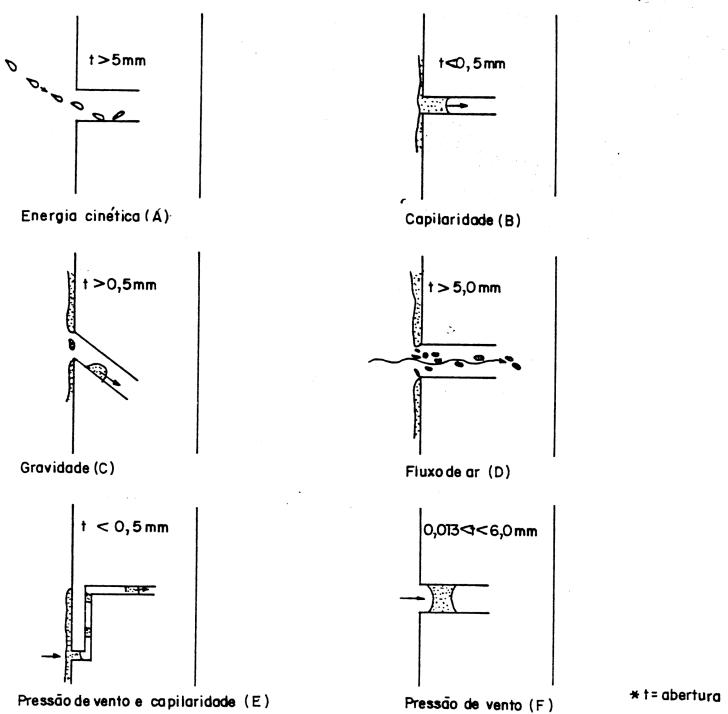


Ilustração 2-7 - Agentes que contribuem para a infiltração de água - BAUER (1.987).

Segundo Kazmierczak (1.989) a água pode penetrar nas alvenarias pela argamassa, pelos blocos, por fissuras na argamassa, por juntas não preenchidas ou por fissuras entre a argamassa de assentamento e o bloco. No mesmo trabalho cita a afirmação de RITCHIE (1.972) de que “normalmente , uma maior penetração ocorre pela interface componente-argamassa” de assentamento. Ainda temos Ulsamer (1.975) que relata:

“As juntas entre a obra e os umbralais das portas, as molduras de varandas e janelas, particularmente expostas à chuva batida pelo vento e à água de arraste que escorre pela superfície da parede, são outros pontos vulneráveis à penetração da humidade (SIC). Esta água de arraste é particularmente prejudicial nos umbralais nivelados com a face exterior...”.

Ou seja, onde há interface pode haver um caminho preferencial para a percolação, como nos casos das estruturas reticuladas ou das esquadrias, ou ainda entre alvenaria e instalações chumbadas internamente às alvenarias.

2.2.3.1 Requisitos a Serem Avaliados

Para se avaliar o desempenho quanto a estanqueidade à umidade das alvenarias é necessária à separação entre alvenarias internas e externas. É interessante que as vedações sejam estanques à água das chuvas e sejam permeáveis ao vapor de água produzido dentro do ambiente construído.

Para uma efetiva avaliação do desempenho da estanqueidade à água de uma determinada alvenaria é importante que se tenha em mente que a mesma faz parte de um sistema de vedação vertical. Pequenos detalhes de acabamento do revestimento superficial das alvenarias podem influir de maneira decisiva em sua estanqueidade.

Como parte integrante da vedação de fachada é desejável que essa alvenaria tenha um comportamento adequado na interação com os outros componentes. No caso de estruturas reticuladas as alvenarias devem ter uma capacidade de absorver as movimentações impostas pelo sistema estrutural. Os contatos com as esquadrias são outros pontos frágeis na estanqueidade de uma vedação.

Um fator fundamental a ser levado em consideração, quando tratamos da estanqueidade de vedações de fachada, é sua concepção arquitetônica. Um dos fatores responsáveis pela infiltração de água pelas fachadas é a existência de um filme d'água. Detalhes como cimalhas e pingadeiras diminuem a formação da camada de água sobre a fachada, como mostram as ilustrações 2-8, 2-9 e 2-10 em ABCI (1.990) e 2-11 e 2-12 em Bauer (1.987).

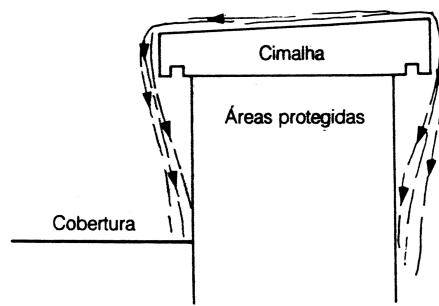


Ilustração 2-8 – Detalhe de cimalha de cobertura de alvenaria – ABCI (1.990).

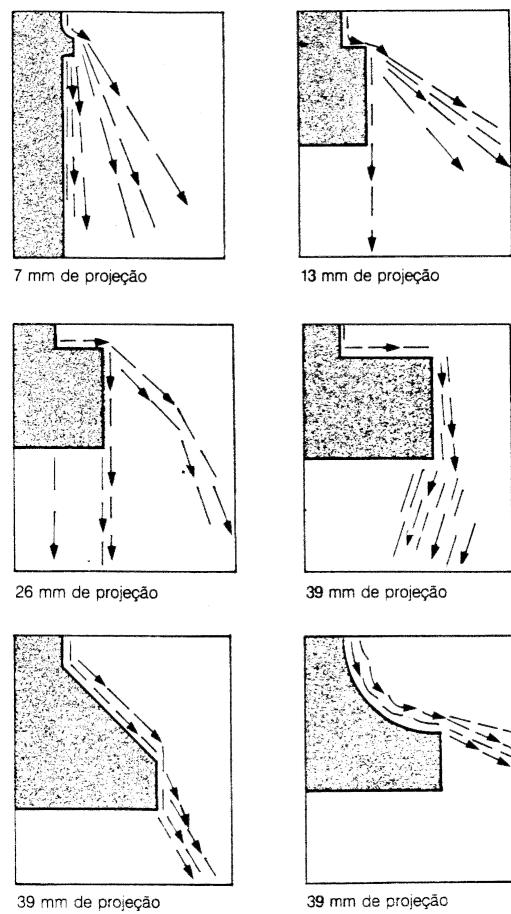


Ilustração 2-9 - Detalhes de pingadeiras - ABCI (1.990).

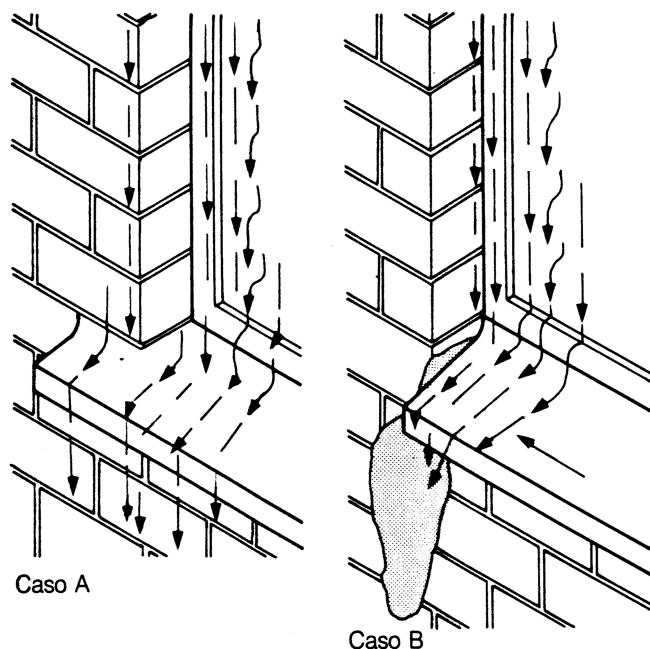


Ilustração 2-10 - Detalhe de pingadeira em Janela - ABCI (1.990).

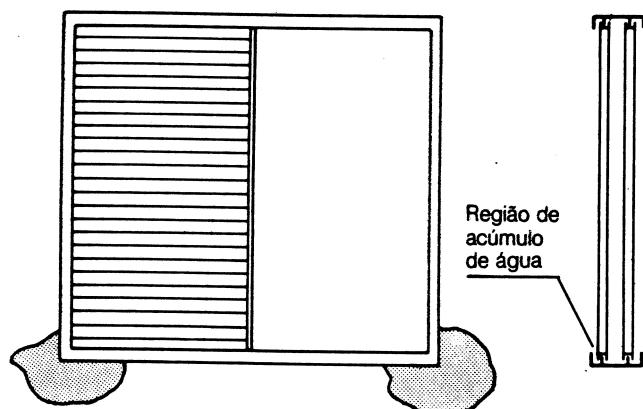


Ilustração 2-11 - Umidade resultante de um detalhe não adequado - BAUER (1.987).

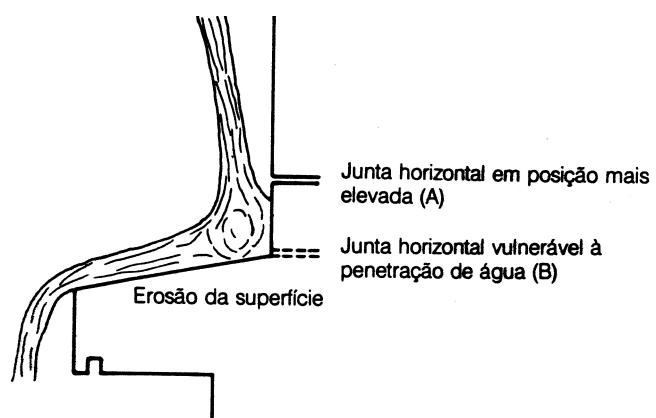


Ilustração 2-12 - Posicionamento de juntas horizontais - BAUER (1.987).

Os detalhes arquitetônicos que deslocam o filme d'água devem estar presentes, prioritariamente, nos pontos onde maior pressão o vento exerce sobre a alvenaria. Esses pontos são apresentados nas ilustrações 2-13 e 2-14 de Bauer (1.987).

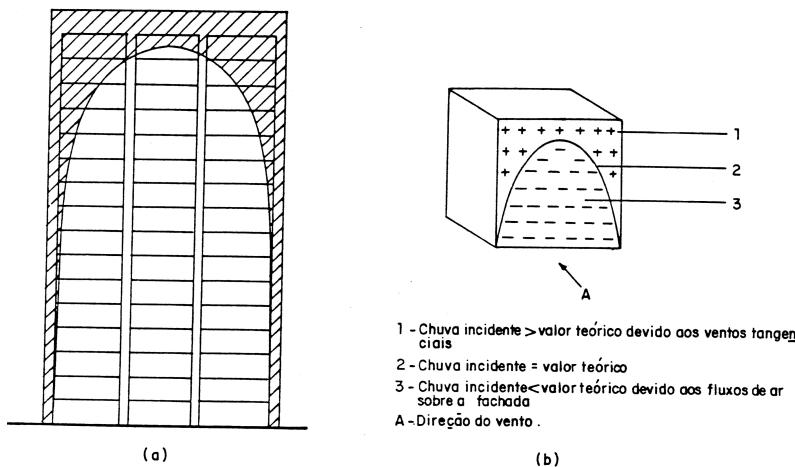


Ilustração 2-13 - Regiões dos edifício mais propensas a problemas – FACHADA - BAUER (1.987).

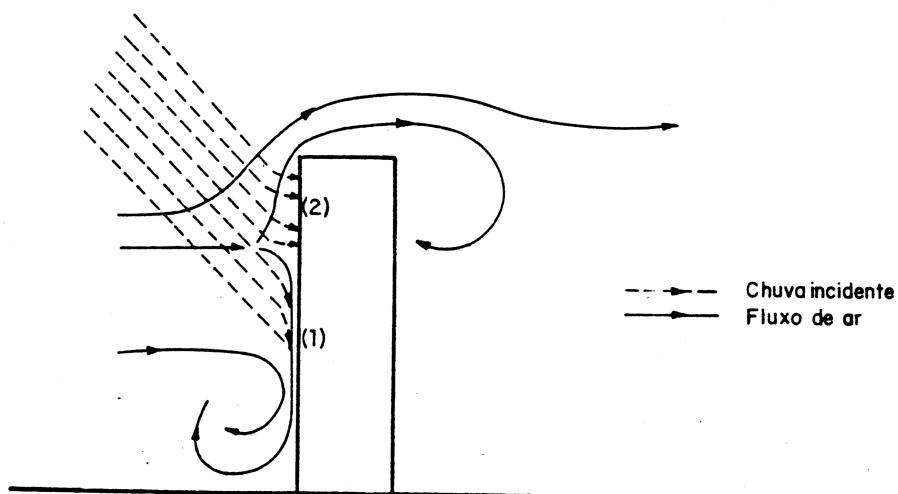


Ilustração 2-14 - Regiões dos edifícios mais propensas a problemas – CORTE - BAUER (1.987).

Um estudo efetuado por Vilató (2.004) sobre paredes de blocos de concreto com e sem juntas verticais preenchida mostra que o maior responsável pela estanqueidade das alvenarias está em seu revestimento. Dos ensaios concluiu que ambas as tipologias excedem aos requisitos de norma, para qualquer exposição e ensaios de deterioração acelerados. Nesse trabalho compara as duas tipologias e indica que “Com o transcorrer do tempo, em que o revestimento tem sofrido um processo de envelhecimento, é de se esperar que se as juntas verticais não foram preenchidas

a quantidade de microfissuras seja maior, mas mais bem distribuídas. Por outro lado, a largura dessas fissuras deverá ser menor.”

2.2.3.2 Valores Referenciais

O projeto de norma para desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos ABNT 02:136.01.004 (2.004), prescreve dois métodos de avaliação da estanqueidade das vedações. Uma para paredes internas em áreas molhadas e outra para paredes de fachadas, expostas à intempéries.

No mesmo projeto de norma é definido que para as paredes internas, a umidade devida à utilização do imóvel pode ser avaliada com a aplicação equipamento e procedimento específicos. Essa aparelhagem deve ser aplicada no ponto mais desfavorável, como juntas e outros pontos em que haja maior probabilidade de infiltração. A norma estabelece que para uma edificação ser considerada como tendo desempenho M (mínimo), não mais que 3 cm^3 de água podem penetrar na parede por um prazo de 24 horas. A aparelhagem é representada na ilustração 2-15.

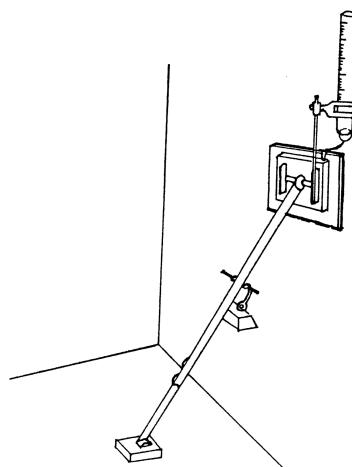


Ilustração 2-15 - Aparelho para avaliar permeabilidade de alvenaria - KAZMIERCZAK (1.989).

As paredes de contenção de terreno devem ter uma estanqueidade tal que mantenha o ambiente livre de umidade provenientes de lençol freático ou de infiltração pelo terreno, não tolerando a existência de manchas de umidade. Como alternativa a uma parede estanque a norma exemplifica a instalação de parede dupla com sistema de captação e condução.

Nas paredes de fachada pode se aplicar o aparelho e procedimento descritos no projeto de norma e apresentados nas ilustrações 2-16 e 2-17. Com as características estabelecidas na tabela 2-R, para cada uma das regiões apresentadas na ilustração 2-18 sempre com uma vazão de 3 L/m²/min e por um período de 7 horas:

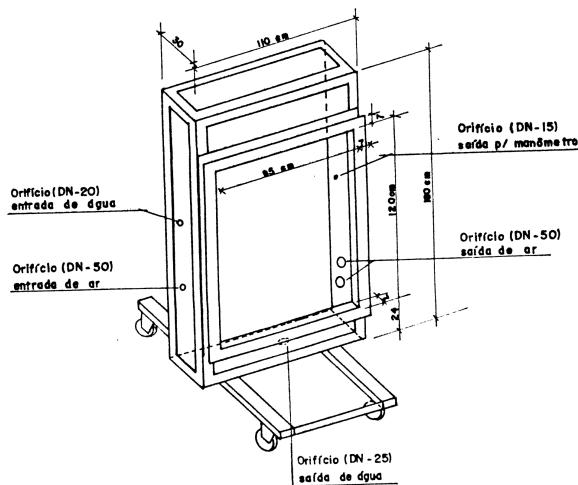


Ilustração 2-16 - - Aparelho para medição de permeabilidade de paredes externas - KAZMIERCZAK (1.989).

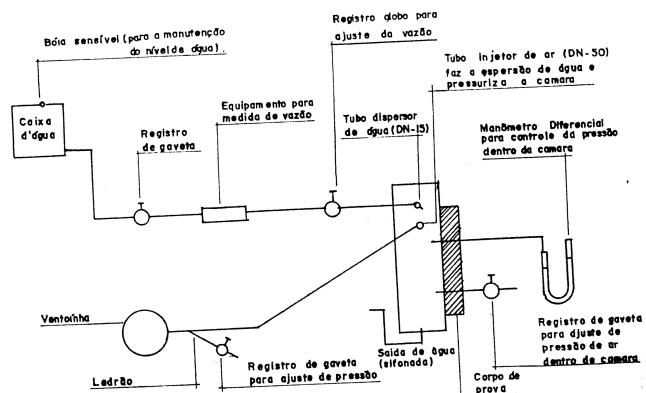


Ilustração 2-17 - Esquema de montagem da aparelhagem de teste de estanqueidade de paredes externas - KAZMIERCZAK (1.989).

Tabela 2-R - Adaptada do Projeto de Norma - ABNT 02:136.01.004 (2.004).

<i>Região do Brasil (Ilustração A)</i>	<i>Pressão Estática (Pa)</i>
I	10
II	20
III	30
IV	40
V	50

Na ilustração 2-18 abaixo temos as regiões do Brasil para a definição da pressão a ser empregada durante os ensaios.

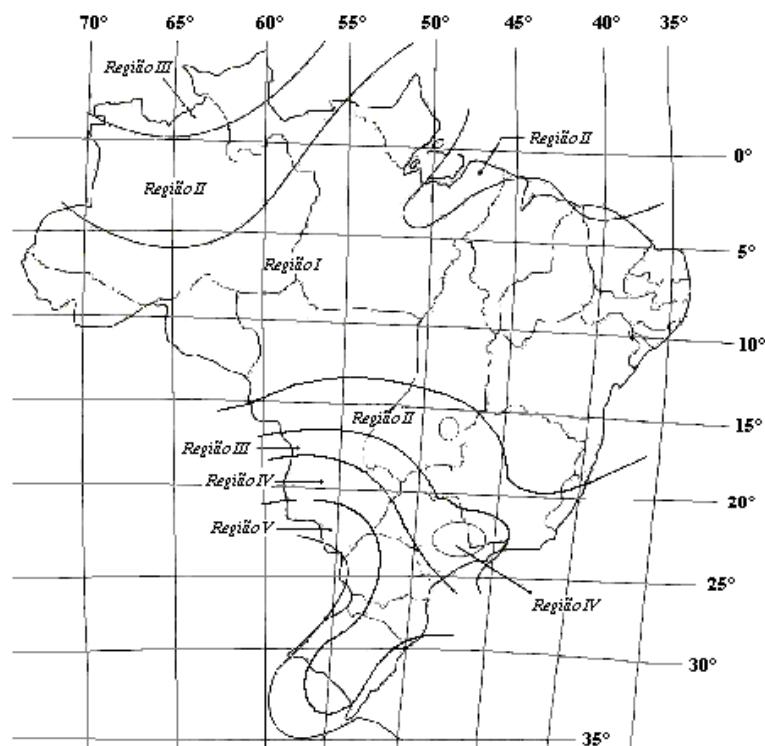


Ilustração 2-18 - Condições de exposição de acordo com regiões do Brasil – NBR 6.123 (1.988).

No projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) considera-se que, para edificações térreas, com beirais de pelo menos 0,50m de projeção as pressões da tabela podem ser reduzidas de 10Pa para cada uma das regiões. Portas e janelas externas protegidas por projeções horizontais, de no mínimo 1,50 m e posicionadas no máximo a 0,70m acima do topo da esquadria, não precisam ser avaliadas por este critério.

O desempenho tanto das alvenarias, quanto das esquadrias que compõem o sistema de vedação devem ser considerado conforme a tabela 2-R, quanto ao percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio. Quando não aparecem manchas, a vedação é considerada como de desempenho I (intermediário), caso contrário, para que sejam consideradas com o desempenho M (mínimo), deverão ter no máximo conforme indicado na tabela 2-S, após 7 horas de ensaio

Tabela 2-S - Percentual de Mancha de Umidade - ABNT 02:136.01.004 (2.004)

<i>Edificação</i>	<i>Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio</i>
Térrea	10%
Com mais de 1 pavimento	5%

Os caixilhos têm seu próprio critério de avaliação de desempenho, estabelecidos na NBR 6.486 (2.000).

Para a avaliação da quantidade de vapor produzido em um ambiente Medeiros (2.004), apresenta as tabelas e gráficos transcritos abaixo. Na ilustração 2-19, temos a quantidade de umidade transmitida ao ambiente, tanto pela respiração quanto pela transpiração, segundo o grau de atividade física e a temperatura ambiente em litros de vapor de água por hora, segundo o ASHRAE (1.997).

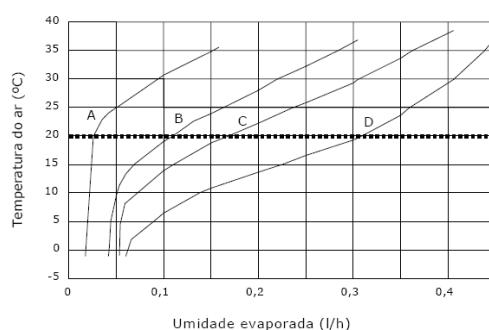


Ilustração 2-19 - Umidade evaporada e transpirada segundo atividade física e temperatura ambiente - ASHRAE (1.997).

Cada curva representa um nível de atividade física, mostrado a seguir na tabela 2-T:

Tabela 2-T - Relação Atividades Físicas x Curva na tabela da Ilustração 2-19 – ASHRAE (1.997).

<i>Atividade Física</i>	<i>Curva da tabela 2-3</i>	<i>Umidade liberada a 20 °C (L / h)</i>
Baixa	A	< 0,06
Leve	B	0,06 – 0,13
Média	C	0,13 – 0,23
Intensa	D	> 0,23

No mesmo trabalho temos citados Angell (1.988) apud Christian (1.994) para a emissão de vapor de água para algumas atividades domésticas e estão expressas na tabela 2-U. ***

Tabela 2-U - Fontes de vapor de água – ANGELL (1.988).

<i>Fonte de umidade</i>		<i>Quantidade estimada por atividade (L)</i>
Banho	Banheira	0,06
	Chuveiro	0,25
Cozimento (p / 4 pessoas)	Café da manhã	0,28
	Almoço	0,32
	Jantar	0,75
Lavagem de pratos (p / 4 pessoas)	Café da manhã	0,10
	Almoço	0,08
	Jantar	0,32

2 . 2 . 4 Conforto Térmico

O estudo do conforto térmico nas edificações vem ganhando maior importância seja nas edificações condicionadas com a busca de prédios mais eficientes, quanto nas não condicionadas onde se busca o conforto sem a necessidade do uso de equipamentos, apenas com a correta utilização dos materiais empregados.

Há vários índices para se avaliar o conforto térmico. FROTA (2.001) classifica os índices de conforto como segue:

“

- **índices biofísicos** — que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;
- **índices fisiológicos** — que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- **índices subjetivos** — que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

“

2 . 2 . 4 . 1 Necessidade de Avaliação

O conforto térmico passará a ser exigível com a aprovação da norma de desempenho ABNT 02:136.01.001 (2.004), nela, encontramos os valores máximos e mínimos das temperaturas que devem ocorrer nos ambientes construídos. Já no projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004), encontramos parâmetros mínimos de desempenho que devem se

proporcionados pelas alvenarias, esses parâmetros estão relacionados a cada uma das regiões bioclimáticas no Brasil, também definidas no projeto de norma ABNT 02:135.07.001/3 (2.003).

O projeto de norma ABNT 02:135.07.001/3 (2.003), apresenta, sem caráter normativo, as estratégias a serem adotadas para residências de até 3 pavimentos. Em seu anexo D apresenta as características de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes. Já a segunda parte desse projeto de norma (ABNT 02:135.07.001/2 (2.003)) estabelece o procedimento para se chegar a esses valores. Esses valores podem facilmente ser calculados através do programa transmitância (em versão beta de teste), disponível em 5/3/2.006 no endereço:

<http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>

Ao lado das obrigações de norma há as necessidades humanas. Cada organismo passa diariamente, via de regra, por duas fases o descanso (anabolismo) e a fadiga (catabolismo). Segundo Frota (2.001) a fadiga resulta do trabalho excessivo do sistema termoregulador que procura manter a temperatura do corpo entre 36,1°C e 37,2°C, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior, em estado febril, para sobrevivência. Relata ainda que em repouso absoluto um corpo dissipa algo em torno de 75W, que é cerca de 80% da energia produzida internamente.

A produtividade também é muito influenciada pelo conforto térmico do ambiente de trabalho. Em uma compilação de diversos trabalhos sobre o efeito do conforto térmico nos trabalhadores, Ruas (2.002) cita um trabalho em que 116 funcionários de uma empresa seguradora foram transferidos para um novo escritório onde havia controles individuais de aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação e som, provocando um aumento da produtividade de 4,4% a 28,4% (média 15,7%). Em um passo seguinte foram desligados, aleatoriamente, por duas semanas, os sistemas de aquecimento e refrigeração, tendo a produtividade caído de 2,7% a 22,9% (média 12,7%). Conclui que apesar de significativa o

conforto e a produtividade não guardam relação direta, pois ambos dependem de diversos fatores que quando combinados dificilmente geram respostas iguais em pessoas diferentes.

Também é de grande importância o consumo de energia para se manter o ambiente confortável. Dilonardo (2.001) analisa profundamente o sistema energético brasileiro e a influência do consumo nas edificações. Compara a variação do PIB com o consumo industrial de energia elétrica e apresenta que opções arquitetônicas podem reduzir em até 50% do consumo de energia de uma edificação. O levantamento efetuado mostra que 24% da energia do país é consumida em edifícios, excetuando-se o setor industrial, e que deste total, 64% do consumo é residencial, 21% comercial e 15% público.

2.2.4.2 Requisitos a Serem Avaliados

Para se avaliar o desempenho térmico de um ambiente, e por extensão a parte referente à alvenaria, é necessário implantar uma metodologia que leve em conta os parâmetros relevantes envolvidos. Akutsu (1.998) define que o processo de avaliação deve percorrer as seguintes etapas:

- a. Caracterização das exigências humanas de conforto;
- b. Caracterização das condições típicas de exposição ao clima;
- c. Caracterização da edificação e de sua ocupação;
- d. Determinação do comportamento térmico da edificação e
- e. Avaliação do desempenho térmico da edificação.

No mesmo trabalho separa as etapas e variáveis a serem verificadas para os casos de edificações climatizadas e não climatizadas.

2.2.4.2.a Caracterização das exigências humanas de conforto

Para a avaliação das características das exigências humanas de conforto há uma série grande de parâmetros a serem avaliados Akutsu (1.998) os relaciona como sendo:

- a. Temperatura do ar;
- b. Umidade do ar;
- c. Velocidade do ar;
- d. Temperatura radiante média do ambiente;
- e. Temperatura radiante orientada;
- f. Taxa metabólica dos ocupantes e
- g. Resistência térmica das vestimentas dos ocupantes.

Correlacionando todos esses parâmetros ASHRAE (2.001) apresenta uma formulação que relaciona pesquisas de campo de satisfação do usuário com as variáveis do ambiente e do usuário. Nessas pesquisas os voluntários respondem a um questionário avaliando um ambiente padronizado, vestindo roupas padronizadas, em que se variam as condições deste ambiente. As respostas das pesquisas de campo foram dadas em forma numérica através da tabela 2-V:

Tabela 2-V- Classificação dos ambientes (PMV) – ASHRAE (2.001).

Sensação térmica	Quente	Morno	Levemente Morno	Neutro	Levemente Frio	Frio	Gelado
Valor numérico	+ 3	+ 2	+ 1	0	- 1	- 2	- 3

Através do tabelamento destes dados pode-se estabelecer o valor das respostas com um valor percentual de pessoas insatisfeitas com determinada temperatura os resultados podem ser plotados o que resulta no gráfico com um perfil similar ao da ilustração 2-20. Notamos que a linha não toca o ponto de zero de insatisfeitos, o que significa que não é possível agradar a 100% das pessoas. Trabalha-se, então, com uma porcentagem de pessoas insatisfeitas, geralmente 10%, o que corresponderia aos votos entre -1 a +1.

Correlacionando os votos dados por cada participante com as condições a que esteve submetido, formula-se uma equação que leva em conta os fatores intervenientes que possam prever a média de votos que seriam dados. Essa técnica é conhecida como o Voto Médio Estimado (VME ou PMV – *Predicted Mean Vote*). A partir deste valor correlaciona estatisticamente a uma Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPI ou PPD – *Predicted Percent Dissatisfied*). Ruas (2.002) apresenta um exemplo da aplicação do método do ASHRAE e apresenta o gráfico da ilustração 2-20.

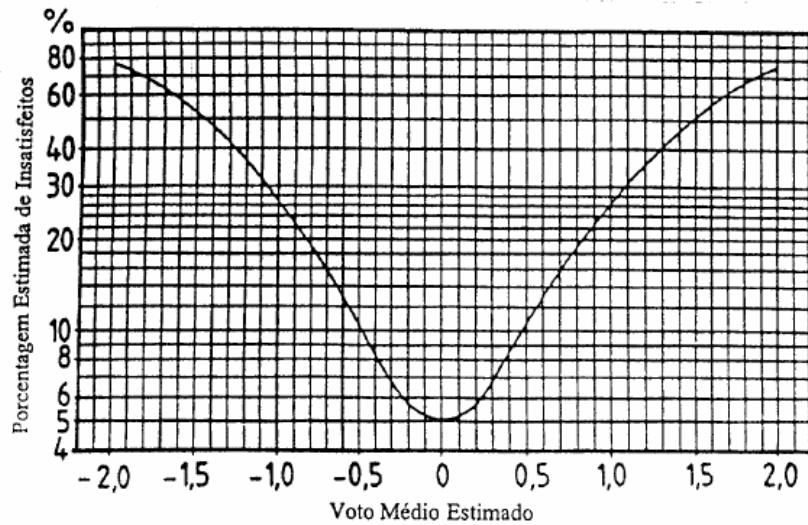


Ilustração 2-20 - PMV x PPD – RUAS (2.002).

O documento ASHRAE (2.001) mostra outros fatores que influenciam a sensação de conforto, como a radiação térmica assimétrica, como algumas paredes que recebem mais sol que outras. O fenômeno de resfriamento de apenas uma parte do corpo por uma corrente de ar localizada (ou “*Draft*”). Diferenças de temperatura na vertical e a sensação térmica do piso. Todos esses fenômenos podem afetar a sensação térmica, sem se alterar a temperatura do ambiente, sua umidade ou a velocidade média do ar. Essas diferenças localizadas levam as pessoas a atuar no termostato ou mudar um voto atribuído na avaliação da sensação de conforto.

O documento mostra que as mulheres são mais sensíveis à variação de temperatura e menos sensíveis à variação de umidade e que geralmente é necessária uma variação de 3°C na temperatura e 3kPa na pressão de vapor para se mudar o VME (Voto Médio Estimado). Avaliando, ainda a adaptação estudou diversos grupos, inclusive um grupo que exercia atividades sedentárias em clima frio, empacotando peixes, e conclui que há uma pequena influência na adaptação, mas cita que pessoas acostumadas a trabalhar e viver em climas quentes tem um desempenho melhor, em climas quentes, que pessoas acostumadas a climas frios.

2.2.4.2.b Caracterização das condições típicas de exposição ao clima;

O próximo ponto a ser avaliado é a exposição ao clima, para tanto é necessário que se agrupe as diversas partes do ambiente com características semelhantes. Para tanto o território nacional foi dividido em 8 zonas climáticas no projeto de norma ABNT 02:135.07-001/3 (2.003), que estabelece zonas bioclimáticas homogêneas para o estabelecimento de estratégias de condicionamento térmico passivo. Está também disponível em Goulart (1.998) uma compilação de dados climáticos de 14 cidades brasileiras. Nesse trabalho encontramos para cada uma das cidades as temperaturas de bulbo seco e úmido, a umidade relativa, conteúdo de umidade, nebulosidade, direção e velocidade do vento, apresentados para cada hora, com vários níveis estatísticos e para os períodos de verão e inverno. Esses dados são baseados no *TRY (Thermal Reference Year – Ano Térmico de Referência)*, que é o tratamento estatístico dos dados climáticos levantados através dos anos e pode ser obtido no endereço eletrônico (www.labeee.ufsc.br) do LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina). O DAEE-SP (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo) registra dados climáticos em diversos pontos do Estado de São Paulo.

Massignani (2.004) apresenta a ilustração 2-21, em que apresenta as temperaturas mínimas, máximas e médias anuais de dez cidades.

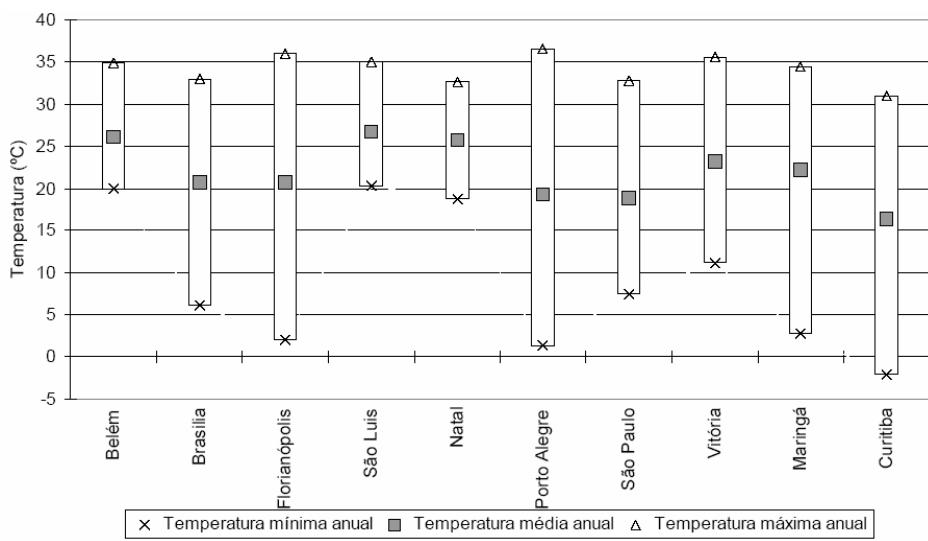


Ilustração 2-21 -Temperatura mínimas, máximas e médias de dez cidades – MASSIGNANI (2.004).

2.2.4.2.c Caracterização da edificação e de sua ocupação;

A caracterização da edificação e de sua ocupação é fundamental na fase de projeto.

Definir quantas pessoas, quanto equipamento, com que atividade, em que fase do dia, são informações básicas para uma boa definição da resposta térmica de uma edificação, conforme encontramos em Akutsu (1.998). Ainda no mesmo trabalho verificamos que é necessário caracterizarmos, ou definirmos, as características térmicas dos materiais que comporão a edificação. A caracterização se dá pelo estabelecimento ou levantamento dos parâmetros dos materiais e sistemas que constituirão a edificação. Dados como transmitância, absorção e refletância à radiação solar, emissividade, resistência térmica dos espaços de ar, forma, dimensões e orientação dos elementos componentes deverão ser definidos.

O projeto de norma de desempenho térmico ABNT 02:135.07-001/2 (2.003) trás valores de condutividade térmica (λ), calor específico (c) e densidade de massa aparente (ρ) para diversos componentes das edificações e apresenta o método de cálculo para a Resistência Térmica de ambiente a ambiente (R_T), Capacidade Térmica de um componente (C_T), Transmitância Térmica (U), Atraso Térmico (ϕ) e fator de ganho de calor Solar (FS). Já o projeto de norma de desempenho térmico ABNT 02:135.07-001/3 (2.003), tem como anexo uma série de 24 paredes

com sua características de Transmitância Térmica (U), Capacidade Térmica (C) e Atraso Térmico (ϕ), já calculados.

2.2.4.2. d Determinação do comportamento térmico da edificação.

A determinação do comportamento térmico de uma edificação pode ser obtida através de modelos computacionais, baseados nos dados levantados na caracterização das edificações ou por medidas diretas. Para ambos os casos são necessários os dados obtidos nos dois passos anteriores o de exposição ao clima (b) e o de caracterização da edificação e da ocupação (c).

Pode-se optar por duas opções: A simulação de modelo computacional ou o levantamento de dados de modelos físicos reais. Para a simulação computacional há um bom número de programas de simulação do comportamento das edificações em regime transitório, como em Akutsu (1.998). As medições diretas podem dar origem a formulações de regressão que simulem o comportamento de edificações similares, expostas a outras condições climáticas, como em Krüger (2.002).

Vale apresentar algumas pesquisas que avaliam a influência das concepções arquitetônicas no desempenho térmico de uma edificação. Dilonardo (2.001) analisou, através de modelos computacionais, a influência da razão entre a área da fachada coberta por janela e a área coberta por paredes (*WWR – Window Wall Ratio*), da orientação e do tipo de vidro utilizado nas janelas. Nesse trabalho chega à conclusão de que, para se manter o ambiente confortável, com fachadas totalmente envidraçadas (WWR - 100%) a orientação das fachadas N-S recebiam menor carga térmica que as com orientação NE-SO (variando conforme o tipo de vidro de 1,8% para vidros azuis a 0,5% para vidros duplos) e com metade da área envidraçada (WWR – 50%) a variação era mais significativa (de 4,2% para o vidro azul e 2,2% para o vidro duplo). O vidro azul era de 10mm enquanto que o duplo era laminado verde com 6mm + ar + 6mm.

Conclui ainda que a mudança do tipo de fachada de WWR igual a 100% para 50% se traduz em uma redução da carga térmica de 40%. Chegando a 50% se a fachada for sombreada. E ainda para a redução de WWR de 100% para 25%, para qualquer tipo de vidro, há uma redução da carga térmica de 50%. Comparando com o clima externo cita "... ao projetar edifícios com WWR superiores a 75%, o arquiteto estará criando ambientes com condições internas piores do que o clima, nos períodos de verão.".

A variação do desempenho segundo a orientação e o andar em que se encontra cada dormitório é analisada por Massignani (2.004) que encontrou pouca diferença entre dormitórios do 5º andar e dormitórios do 15º andar, sendo muito mais significante a orientação dos dormitórios e com a ressalva de que simples ações de se abrir uma janela ou de se fechar uma cortina facilmente igualariam essa diferença.

Quando tratamos de correlações entre um modelo físico existente tratamos o comportamento da edificação como uma virtual “Caixa-Preta” e analisarmos apenas os dados de entrada e de saída. Massignani (2.004) elabora uma correlação entre a temperatura interna e a externa para diversas orientações de dormitórios em um mesmo edifício. Já Krüger (2.002) consegue uma excelente correlação para casas protótipos residenciais com materiais alternativos, através da avaliação de parâmetros como as médias das temperaturas máxima, médias e mínimas dos períodos analisados. Enquanto Fernandes (2.005) avalia vários tipos de regressão e resumi que "... a regressão linear é uma ótima ferramenta para a estimativa de temperatura médias internas para habitações de interesse social.". Além do que as máximas e mínimas externas devem estar entre 10°C e 25°C.

2.2.4.2.e Avaliação do desempenho térmico da edificação.

Avaliar uma edificação, afinal, significa criar critérios para verificar o seu desempenho.

Como definimos as exigências humanas (a) e o comportamento da edificação (d), poderemos avaliar seu desempenho. A ABNT 02:136.01.001 (2.004) estabelece alguns métodos que podem ser adotados:

1. Simplificado: Atendimento dos requisitos de norma para cada parte da edificação, no caso das alvenarias ABNT 02:136.01.004 (2.004);
2. Simulação: Atendimento dos requisitos por avaliação de modelo computacional e
3. Medição: Atendimento dos requisitos através de medição direta ou de protótipos.

O critério de medição pode ser útil nos casos em que se repitam tipologias similares em uma mesma cidade, ou seja, avaliar o desempenho térmico de uma edificação construída e, de preferência, habitada, leva a uma caracterização de desempenho bem próxima do real. Através de medições em modelos reais é possível se estabelecer o comportamento térmico de outros ambientes similares. Como afirma Krüger (2.002): “As equações preditivas se apresentam como uma forma alternativa de caracterizar o desempenho de uma habitação para a qual foi realizado um monitoramento térmico. Com essas equações e utilizando-se o parâmetro somatório dos graus-dia e o método do IPT, é possível ainda, avaliar o desempenho térmico de uma habitação para condições climáticas que não as do período de monitoramento. É um método facilmente utilizável, pois considera como variável somente a temperatura externa para a obtenção da temperatura interna, não necessitando de softwares sofisticados para a avaliação de desempenho.”.

Como opção ao critério de norma temos, por exemplo o método criado por Akutsu (1.998), que separa o desempenho para o verão, em quatro níveis e para o inverno, em três

níveis, como representado na tabela 2-W. Como definimos as exigências humanas (a) e o comportamento da edificação (d), poderemos avaliar seu desempenho.

Tabela 2-W- Critério de desempenho térmico - AKUTSU (1.998).

<i>Desempenho</i>	<i>Verão</i>	<i>Inverno</i>
A	ISO 7730	ISO 7730
B	$T_{int} < T_{ref}$	$T_{int} > T_{ref}$
C	$T_{int} < T_{ext}$	$T_{int} > T_{ext}$
D	<i>Stress (NR15)</i>	-

O ASHRAE (2.001b) apresenta alguns parâmetros a serem levados em conta quando se deseja adotar um método de avaliação. O mesmo deve ser:

- Acurado;
- Sensível;
- Versátil;
- Veloz e barato;
- Reproduzível e
- Fácil de usar.

Nesse mesmo trabalho define um método de se avaliar quantitativamente quão confortável ou desconfortável é uma edificação. Esse método é chamado de Graus-Dias (GD ou DD - Degree-Days) e é a somatória de quantos graus se excedeu o conforto, dia a dia, durante um ano. Dornelles (2.004) trabalha na com a somatória horária conhecida por GH, por considerar que apresenta resultados mais precisos.

2.2.4.3 Valores Referenciais

O método simplificado que cita o projeto de norma NBR 02:136.01.001 (2.003) é equacionado com a aplicação da tabela 2-X. Onde C é a Capacidade Térmica das paredes externas, U é a Transmitância Térmica das paredes externas e α é a absorção à radiação solar da superfície externa da parede. A Capacidade Térmica e a Resistência Térmica, que é o inverso da Transmitância Térmica, foram calculados por Akutsu (1.998) e estão reproduzidas no anexo B deste trabalho. O anexo B da ABNT 02:135.07-001/2 (2.003) traz a tabela B.2 com a absorção de algumas superfícies assim como o anexo D da ABNT 02:135.07-001/3 (2.003), em sua tabela D.2 traz a Transmitância Térmica, a Capacidade Térmica e o Atraso Térmico de algumas paredes. De um modo geral a absorção maior que 0,6 se dá em superfícies de concreto aparente, de tijolos aparentes, em revestimentos asfálticos e em pinturas nas cores verde escura, vermelha e preta.

Tabela 2-X - - Critério de conforto simplificado - NBR 02:136.07-001/3 (2.004).

Zona	C (mínimo) [kJ/(m ² .K)]	U (máximo) [W/(m ² .K)]	
		$\alpha < 0,6$	$\alpha \geq 0,6$
1	130	2,5	2,5
2	130	2,5	2,5
3	130	3,7	2,5
4	130	3,7	2,5
5	130	3,7	2,5
6	130	3,7	2,5
7	130	3,7	2,5
8	45	3,7	2,5

Cada zona está estabelecida no projeto de norma ABNT 02:135.07-001/3 (2.003), que reparte o território nacional em zonas bioclimáticas homogêneas apresentada na ilustração 2-20:

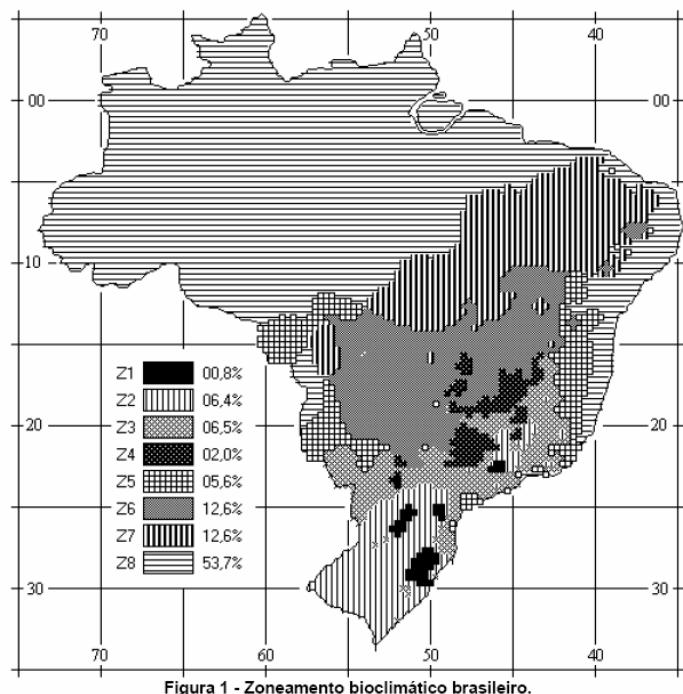


Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.

Ilustração 2-22 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro - NBR 02:135.07-001/3 (2.003).

A avaliação pode ser efetivada pelo confrontamento dos valores prescritos com os tabelados, para cada clima. Já para os critério de simulação ou de medição deve-se seguir uma metodologia. Na metodologia de Akutsu (1.998), é necessário se estabelecer os limites para as exigências de conforto humanas. Barbosa (1.997) em extensa pesquisa bibliográfica trás a tabela 2-Y com os principais índices aplicados e o gráfico da ilustração 2-23 com uma comparação gráfica condições para conforto humano.

Tabela 2-Y – Comparação entre diversos limites de temperatura e umidade – GOULART et al. (1.994).

METODOLOGIA	TEMPERATURA		UMIDADE		OBSERVAÇÃO
	limite mínimo	limite máximo	limite mínimo	limite máximo	
ASHRAE 55-74	> 20,0°C TE*	< 26,1 °C TE*	> 5 mm Hg	< 14 mm Hg	
ASHRAE 55-81	> 23 °C TE*	< 27 °C TE*	> 4 g/kg	< 12 g/kg	verão inverno
ASHRAE 55-92	> 23 °C TE*	< 26 °C TE*	> 4,5 g/kg e 30%	< 60 %	verão inverno
GIVONI original	> 21°C	< 26°C < 25°C	> 5 mm Hg	< 17mmHg e 80%	baixa umidade altas umid.
GIVONI e MILNE	> 22,7 °C > 20 °C	< 27 °C < 24 °C	> 20%	< 80%	verão inverno
GONZALEZ	> 22 °C	< 29 °C < 26,5 °C	> 4 g/kg	< 14 g/kg ou 75%	baixa umid. altas umid.
GIVONI 92 Países Desenvolvidos	> 20 °C > 18 °C	< 27 °C < 25 °C	> 4,0 g/kg	< 80 % e 15g/kg	verão inverno
GIVONI 92 Países em Desenvolvimento	> 25 °C	< 29 °C < 26 °C	> 4 g/kg	< 80% e 17 g/kg baixa umidade altas umidades	verão baixa.umid.
SZOKOLAY	> 18 °C TMA \pm 2 K SET 18,5 °C TMM \pm 1,75K SET	< 25 °C 28,5 °C	> 4 g/kg	< 12 g/kg	inverno limites variáveis c/ o clima local
WATSON & LABS	> 20 °C TE*	< 25,6 °C TE*	> 5 mm Hg	< 80 %	

Fonte: GOULART et al (1994)

Em termos gráficos temos, no mesmo trabalho, o seguinte gráfico:

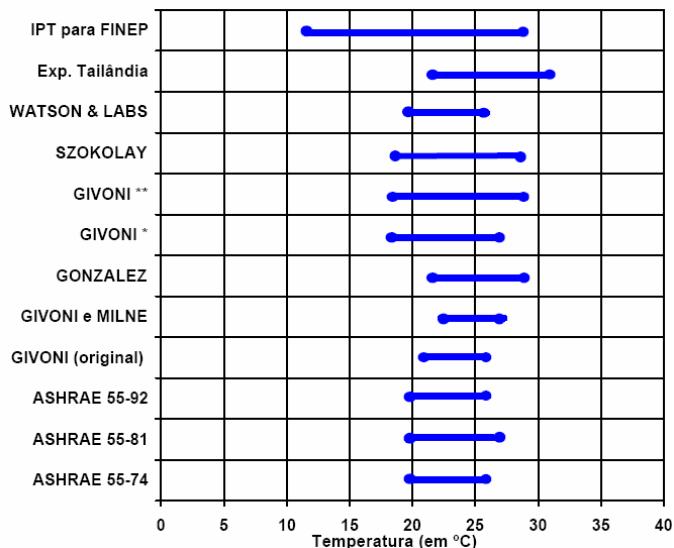


Ilustração 2-23 – Gráfico comparativo de diversos limites de conforto humano – BARBOSA (1.997).

Já o projeto de norma ABNT 02:136.01.001 (2.004), define como parâmetros a serem seguidos, para edificações residenciais até cinco pavimentos, as temperaturas que não podem ser ultrapassadas, para o caso de inverno e de verão para cada uma das zonas bioclimáticas, divididas em termos de se desempenho e é retratada na tabela 2-Z.

Tabela 2-Z – Temperatura limites - **ABNT** 02:136.01.001 (2.004),

Zona	Mínimo (M)		Intermediário (I)		Superior (S)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
1	T_{ext}	12 °C	29 °C	15 °C	27 °C	17 °C
2	T_{ext}	12 °C	29 °C	15 °C	27 °C	17 °C
3	T_{ext}	12 °C	29 °C	15 °C	27 °C	17 °C
4	T_{ext}	12 °C	29 °C	15 °C	27 °C	17 °C
5	T_{ext}	12 °C	29 °C	15 °C	27 °C	17 °C
6	T_{ext}	-	29 °C	-	27 °C	-
7	T_{ext}	-	29 °C	-	27 °C	-
8	T_{ext}	-	28 °C	-	26 °C	-

T_{ext} = Temperatura máxima externa
Temperaturas máximas de verão e mínimas de inverno

Já pelo critério de Akutsu (1.998) teremos os desempenhos comparáveis com a tabela 2-W, apresentada anteriormente.

Para verificá-la são necessários os dados da tabela 2-AA e 2-BB com as temperaturas máximas de verão e mínimas de inverno, segundo a ISO 7730.

Tabela 2-AA - Tabela de temperaturas máximas de verão segundo ISO 7730 – AKUTSU (1.998).

Resistência da Roupa	UR	Velocidade do vento		
		0,05 m/s	0,8 m/s	1,5 m/s
Residência (0,35 Clo)	20%	28,7 °C	30,4 °C	30,8 °C
	40%	28,2 °C	30,0 °C	30,4 °C
	60%	27,7 °C	29,6 °C	30,0 °C
	80%	27,3 °C	29,2 °C	29,7 °C
Escritório (0,50 Clo)	20%	28,2 °C	29,0 °C	29,8 °C
	40%	27,6 °C	28,5 °C	29,3 °C
	60%	27,0 °C	28,0 °C	28,8 °C
	80%	26,5 °C	27,5 °C	28,4 °C

$V_{ar} = 0,05 \text{ m/s}$ - Baixa circulação de ar

$V_{ar} = 0,8 \text{ m/s}$ - Máxima em escritório (NBR6401)

$V_{ar} = 1,5 \text{ m/s}$ - Moderada/casa e máxima/escritório (ASHRAE 55-92)

Os dados da tabela 2-BB com as temperaturas mínimas de inverno, segundo a ISO 7730.

Tabela 2-BB - Temperaturas mínimas de inverno segundo ISO 7730 – AKUTSU (1.998).

Resistência da Roupa	UR	Velocidade do vento	
		0,05 m/s	0,18 m/s
Residência (2,8 Clo)	80%	11,2 °C	11,7 °C
Escritório (1,0 Clo)	60%	17,4 °C	18,0 °C

Residência : Dormindo (Met = 47 W/m²)
 Escritório : Atividade moderada (Met = 70 W/m²)
 $V_{ar} = 0,05 \text{ m/s}$ - Baixa circulação de ar
 $V_{ar} = 0,15 \text{ m/s}$ - Máximo / ISO7730 inverno aquecido

Bem como os dados da tabela 2-CC com os valores máximos de temperatura de estresse térmico, segundo NR 15. O estresse térmico é o estado em que se encontra uma pessoa, quando exposta a extremos de frio e calor, segundo Lamberts (2.002).

Tabela 2-CC – Índice de Bulbo Úmido com Termômetro de Globo (IBUTG) – AKUTSU (1.998).

<i>Regime de trabalho</i>		<i>Tipo de Atividade</i>		
<i>Trabalho</i>	<i>Descanso</i>	<i>Leve</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pesada</i>
60 min	-	30,0 °C	26,7 °C	25,0 °C
45 min	15 min	30,6 °C	28,0 °C	25,9 °C
30 min	30 min	31,4 °C	29,4 °C	27,9 °C
15 min	45 min	32,2 °C	31,1 °C	30,0 °C

Limites máximos, acima dos quais é necessário controle.
 $TBUTG = 0,7 \times TBUN + 0,3 \times TG$ (protegido do sol)
 $IBUTG = 0,7 \times TBUN + 0,3 \times TG + 0,1 \times TBS$ (exposto ao sol)
TBUN= Temperatura de bulbo úmido natural
TG= Temperatura de globo
TBS= Temperatura de bulbo seco

Outra forma de se avaliar o desempenho térmico é o de se verificar a somatória de dias em que a temperatura esteve fora da zona de conforto. Para comparar os desempenhos Fernandes (2.005) estabelece três faixas apresentadas na tabela 2-DD, abaixo:

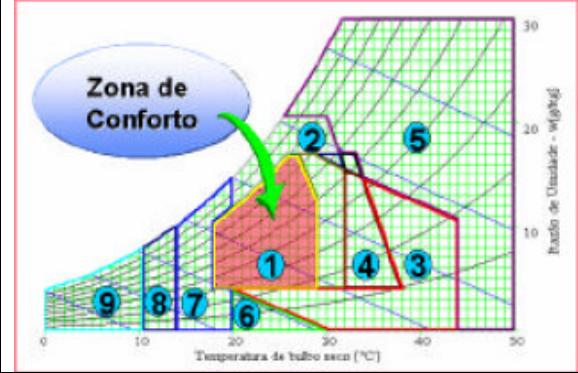
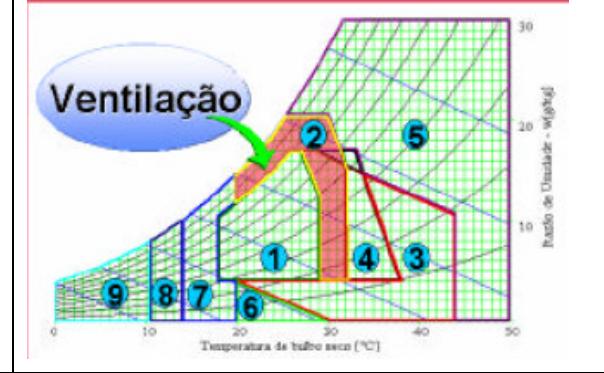
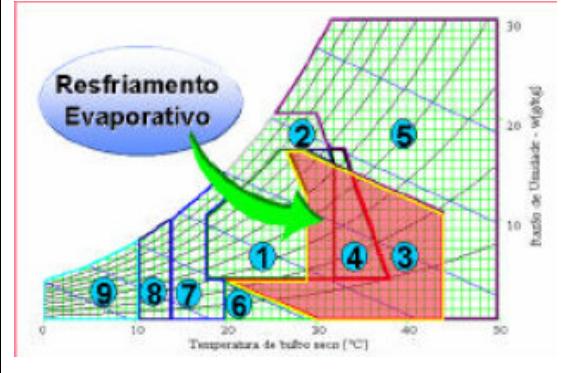
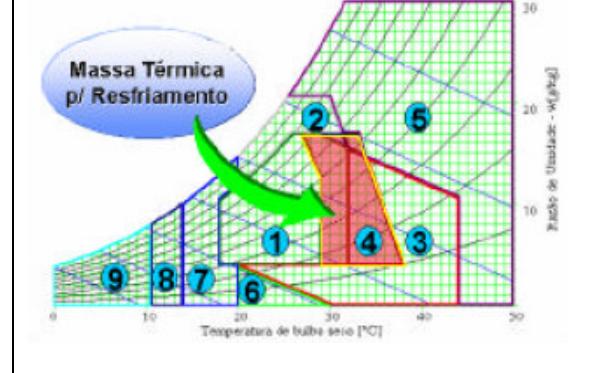
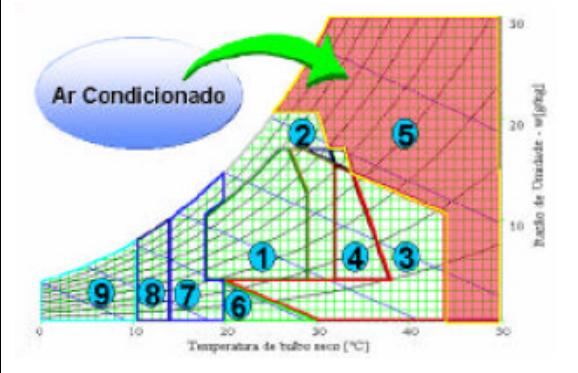
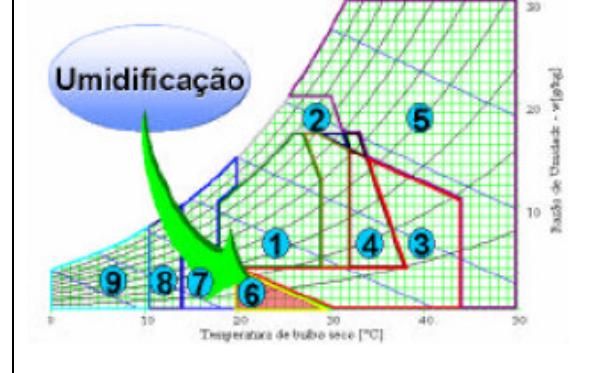
Tabela 2-DD - Tabela de Desempenho x GD – FERNANDES (2.005).

<i>Desempenho</i>	<i>GD</i>
A	150
B	300
C	Acima de 300

Ainda outro método para se quantificar o desempenho de uma edificação é através da plotagem das temperaturas internas colhidas em uma edificação, ou simuladas, em uma carta psicrométrica. Através de sua análise conseguimos dados que nos guiam na maneira como deveremos intervir para que consigamos a sensação de conforto térmico. Estas cartas são referentes a cada localização e podem ser impressas através do programa “Analysis BIO 2.1.2”, disponível no endereço eletrônico do LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, vinculado ao NPC - Núcleo de Pesquisa em Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina:

<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>

A carta é dividida em zonas em que se deve atuar de determinado meio para que obtenhamos a sensação de conforto térmico, inclusive uma parte onde não é necessário se atuar. Cada zona específica apresentada por Lamberts (2.000) nos gráficos de 2-22 a 2-30.

	
Ilustração 2-24 - Zona de Conforto – LAMBERTS (2.000).	Ilustração 2-25 - Zona de necessidade de ventilação – LAMBERTS (2.000).
	
Ilustração 2-26 - Zona de Resfriamento Evaporativo – LAMBERTS (2.000).	Ilustração 2-27 - Zona de Massa Térmica para Resfriamento – LAMBERTS (2.000).
	
Ilustração 2-28 - Zona de Ar Condicionado – LAMBERTS (2.000).	Ilustração 2-29 - Zona de Umidificação – LAMBERTS (2.000).

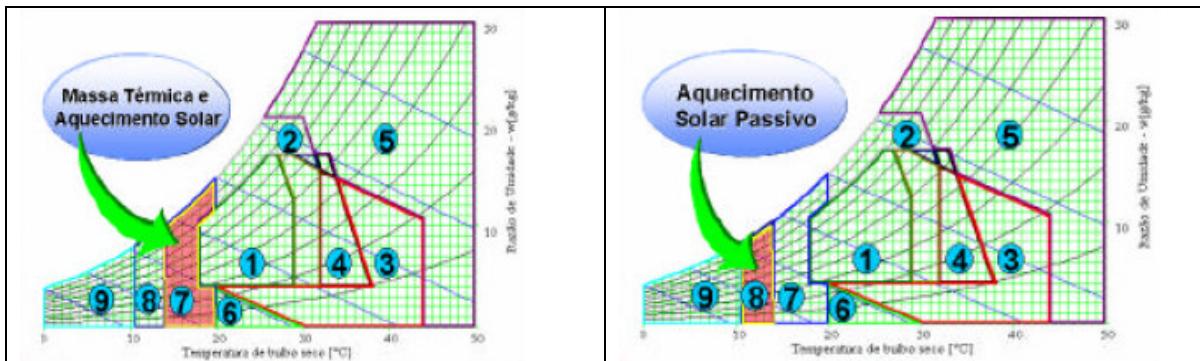


Ilustração 2-30 - Massa Térmica e Aquecimento Solar – LAMBERTS (2.000).

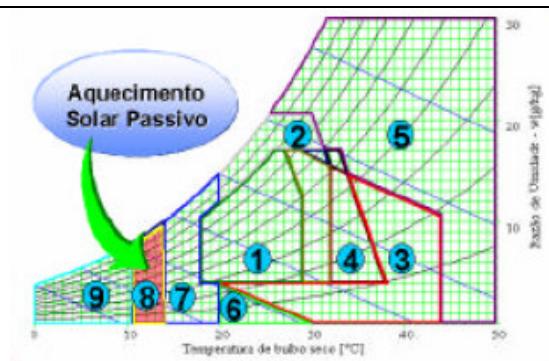


Ilustração 2-31 - Aquecimento Solar Passivo – LAMBERTS (2.000).

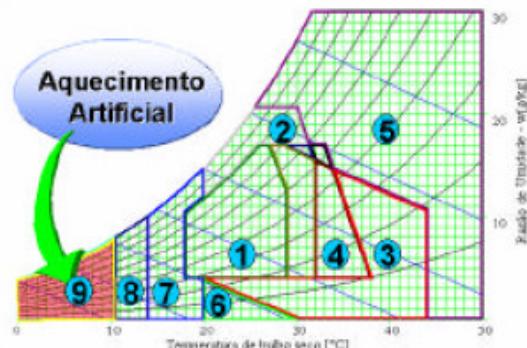


Ilustração 2-32 - Aquecimento Artificial – LAMBERTS (2.000)

2 . 2 . 5 Conforto Acústico

“Ruído é o som que não é desejado, e o que é considerado ruído depende de cada indivíduo e seu nível de tolerância. As pessoas valorizam sua privacidade e não querem ouvir os movimentos de seus vizinhos. *Homo Sapiens* é ciumento de seus direitos territoriais incluindo a invasão pelo ruído.” Randall e Panarese (1.976).

2 . 2 . 5 . 1 Necessidade de Avaliação

É de importância significativa a avaliação de níveis de desempenho sonoros de uma edificação, resultantes da utilização de diferentes tipos de alvenaria. Níveis sonoros excessivos podem proporcionar habitações insalubres.

Certos problemas físicos são normalmente relacionados à presença de ruídos. Taylor e Wilkins (1.985) relatam estudos de Taylor et al. (1.980) sobre a interferência do ruído dos transportes na saúde. Descrevem estudos realizados que vinculam a exposição a ruídos com problemas com a saúde das pessoas expostas a estes ruídos. Paralelamente aos mais imediatos, como a perda de sensibilidade auditiva, levantam-se hipóteses de relação da presença de ruídos com o aumento da pressão arterial, aumento dos riscos de desordens psiquiátricas e, para mães e fetos expostos a um alto nível de ruído, a prematuridade de nascimentos, baixo peso natal e reações anormais ao barulho na infância.

Já Vallet (1.987) analisa a influência da presença de ruídos provenientes de meios de transporte durante o sono. Apresenta variações no tempo dos testes de reação simples, de reação para quatro escolhas, de duração da memória auditiva e de teste de vigília. Sugere como valores máximos a que uma pessoa pode ser exposta durante o sono, sem que isso afete significantemente seu desempenho após o sono e apresenta a tabela 2-EE.

Tabela 2-EE – Níveis de ruído aceitáveis, sem prejuízo do sono – TAYLOR E WILKINS (1.985).

Fonte de Ruído	Nível de Ruído de Pico	
	L_{eq} dB (A)	dB (A)
Tráfego contínuo em rodovias	35	50
Aviões	40	52-55
Trens	40	50-55

2.2.5.2 Requisitos a Serem Avaliados

Para uma completa análise do comportamento acústico de qualquer vedação é importante que se estabeleça a resposta para um conjunto de freqüências pré-definidas, na faixa de som audível. Quando plotamos a perda de transmissão pela freqüência, geralmente resulta em um gráfico similar à ilustração 2-33, abaixo apresentada. Nele notamos a presença de diversas regiões com comportamentos distintos. No trabalho específico sobre tijolos cerâmicos maciços Paixão (2.003) apresentam o gráfico a seguir:

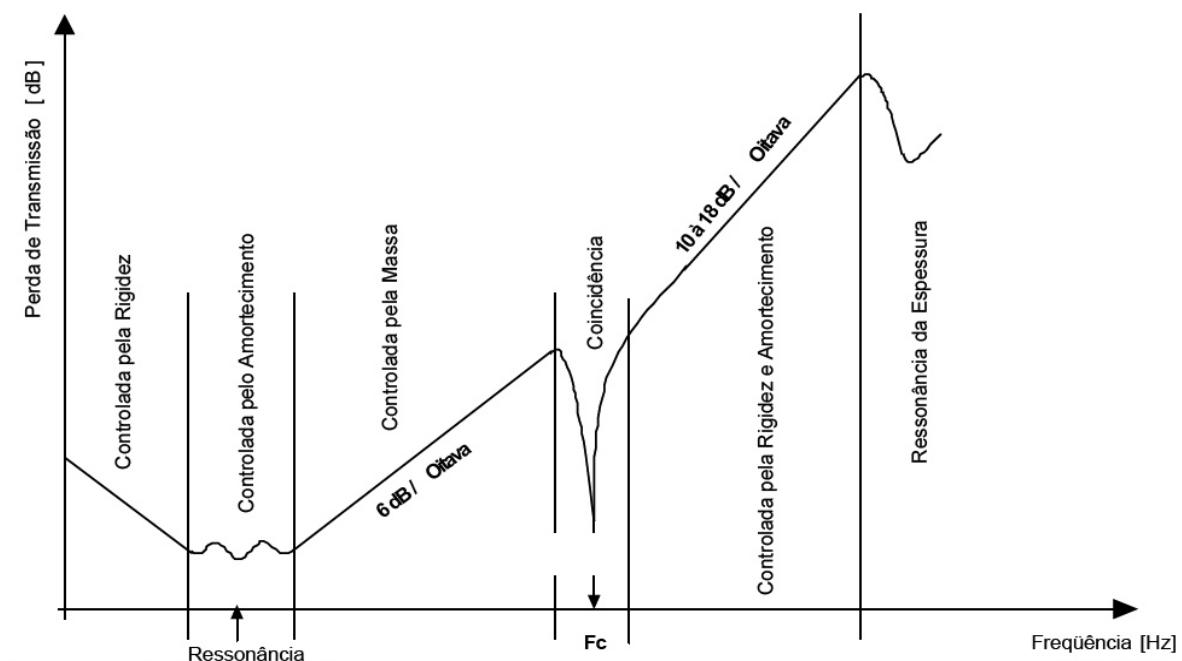


Ilustração 2-33 Gráfico de Perda de Transmissão em paredes simples espessas – caso da alvenaria - PAIXÃO(2002).

Analisando este gráfico partindo das freqüências mais baixas para as mais altas reconhecemos seis comportamentos distintos. No primeiro a Perda de Transmissão Acústica (dB) é controlada pela rigidez da alvenaria analisada, após esse temos um trecho regulado pelo amortecimento proporcionado, no qual encontramos o fenômeno da ressonância do som dentro da alvenaria. Terminado esse trecho, passamos a percorrer um trecho que é controlado pela massa da alvenaria nesse trecho a Perda de Transmissão corresponde a algo como 6 dB para cada oitava que se avance, até chegarmos ao ponto conhecido como Freqüência Crítica (fc). A partir desse ponto temos um trecho que é controlado tanto pela rigidez, quanto pelo amortecimento, nesse trecho a cada oitava que se avança temos um aumento de 10 a 18 dB de Perda de Transmissão (dB) o que é bem superior ao trecho controlado pela massa. No entanto a perda não continua a crescer indefinidamente. A partir de determinado ponto a Perda de Transmissão passa a ser influenciada pela ressonância de espessura das ondas.

Esse descolamento da simples aplicação da “Lei das Massas” é facilmente observado na prática quando pequenas diferenças no peso de uma vedação podem levar a resultados diversos de desempenho. Montagens diferentes de paredes de gesso acartonado, onde se altera o leiaute de instalação ou de fixação, produzem valores de Perda de Transmissão significativamente diferentes, sem modificarmos substancialmente a massa do conjunto.

Através de estudo das respostas sonoras nas freqüências abaixo, obtemos um conhecimento mais completo de seu desempenho. As freqüências estudadas estão expressas abaixo na tabela 2-FF, um método alternativo comumente utilizado é o estudo de um terço de oitavas, nos valores apresentados.

Tabela 2-FF – Freqüências para análise espectral do som.

<i>Freqüência (Hz)</i>	1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	1	1	1	2	2	3	4	5
0	2	6	0	5	1	0	0	0	3	0	0	2	6	0	5	1	0	0
0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0

Para maior facilidade de trabalho as respostas produzidas para cada freqüência podem ser reduzidas a um número único, através do método da ISO 717/1 (RW) ou da ASTM E413 (CTSA).

A avaliação do desempenho sonoro de uma alvenaria, deve levar em conta os seguintes parâmetros:

- ☒ Nível de ruído do local onde será executada (devendo ser garantido pelo Estado, segundo - NBR 10.151 (2.000)) ;
- ☒ Nível de ruído aceitável dentro de cada cômodo a ser avaliado (prescrito pela - NBR 10.152 (1.987)) e
- ☒ Índice de Isolamento Sonoro, ou Perda de Transmissão, proporcionado pelos componentes das alvenarias, tanto seus constituintes, quanto esquadrias e demais partes pertencentes à vedação.

A NBR 8.572 (1.984) estabelece parâmetros de nível de redução de ruídos para diferentes áreas próximas aos aeroportos brasileiros, devendo ser consultada para construções nas proximidades dos mesmos.

2.2.5.3 Valores Referenciais

Knudsen e Harris (1.950), estabelece a relação entre as características físicas das vedações e o nível de perda da energia da transmissão do som. Considera que para paredes rígidas, um índice de peso da parede, por área exposta ao som. Analisa e conclui que para que tenhamos uma diminuição de 4 a 5 dB é necessário que se dobre o fator de peso da parede por área de contato com o som. Também leva em conta a porosidade dos materiais. Cita que os vazios nos materiais porosos interferem na transmissão sonora pela transformação da vibração em calor, em vibração de partes móveis e do aumento da agitação do ar aprisionado nos poros desses materiais. Para

esses materiais a perda da energia acústica é diretamente proporcional à espessura, ou seja se reduziria pela metade na primeira polegada do material, a um quarto na segunda e a um oitavo da energia inicial na terceira polegada.

Compor materiais rígidos e porosos resulta em estruturas sensivelmente mais econômicas do que a utilização de paredes rígidas. Consegue-se um mesmo efeito de atenuação de som com menor espessura final. Deve-se tomar cuidados para que as partes rígidas não se comuniquem, o que faria com que trabalhassem como uma estrutura única.

É importante salientar que o cálculo de composição de diferentes estruturas paralelas deve ser ponderado logaritmicamente. Abaixo apresentamos a ilustração 2-34 que mostra um interessante exemplo de como a sensibilidade pode ser enganada, com a utilização dessa escala. A figura mostra uma fonte sonora de 60 dB, que corresponde a 1.000.000 de unidades de energia (cada unidade = 10^{-12} W) incidindo em uma parede com índice de perda de transmissão de 45 dB e de absorção de 0,5. Nesse caso 500.000 unidades de energia são refletidas. Das 500.000 unidades não refletidas 499.968 são absorvidas e apenas 32 são transmitidas. Temos então que das 1.000.000 de unidades de energia incidente apenas 32 são transmitidas. Essas 1.000.000 de unidades correspondem a 60dB e as 32 unidades restantes correspondem a 15 dB.

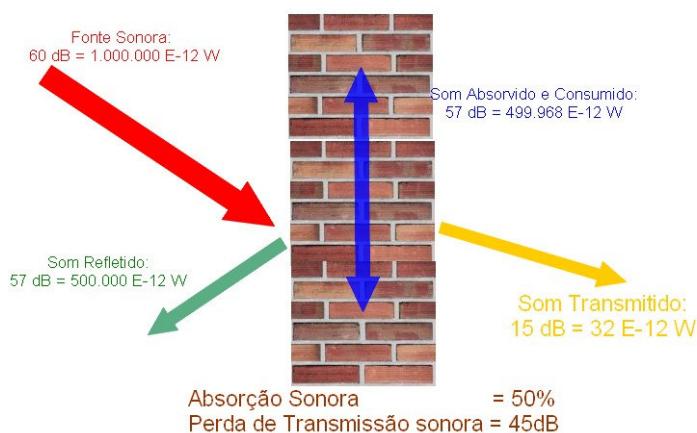


Ilustração 2-34 - Perda na Transmissão Sonora Exemplificada.

Para uma avaliação expedita IPT (1.998?) propõe duas avaliações uma entre o ambiente externo e o interno e outra entre dois ambientes internos de habitações geminadas. Para a avaliação proporcionada de Isolamento Sonoro Bruto pelo Conjunto (Média logarítmica entre os componentes constituintes da alvenaria analisada) considera-se IFACO = 30 dB como a diferença entre o valor externo e o interno. Para a avaliação do Isolamento Sonoro Bruto, Proporcionado por Parede Interna à Habitação, considera-se IPAIN = 45 dB, como a diferença entre dois ambientes anexos em residências de diferentes famílias.

Outro meio para se ponderar o som captado em diversas oitavas em um número representativo é a ponderação pelo filtro do tipo A. Também conhecido como dB(A), que segue a tabela 2-GG:

Tabela 2-GG - Tabela de Ponderação para as escalas A, B, C e D. FORD (1.987).

<i>Freqüência (Hz)</i>	100	125	160	200	250	315	400	500	630
dB(A)	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,9
dB(B)	-5,6	-4,2	-3,0	-2,0	-1,3	-0,8	-0,5	-0,3	-0,1
dB(C)	-0,3	-0,2	-0,1	0	0	0	0	0	0
dB(D)	-7,2	-5,5	-4,0	-2,6	-1,6	-0,8	-0,4	-0,3	-0,5
<i>Freqüência (Hz)</i>	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000
dB(A)	-0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5
dB(B)	0	0	0	0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	-1,2
dB(C)	0	0	0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,3
dB(D)	-0,6	0	2,0	4,9	7,9	10,4	11,6	11,1	9,6

A NBR 10.151 (2.000) apresenta valores máximos externos admissíveis para diversas áreas geográficas, conforme tabela 2 – HH, a seguir. Define, ainda como fatores de correção para essa tabela o valor de -10dB(A) para medições efetuadas dentro de ambientes com as janelas abertas e -15 dB(A), para medições com janelas fechadas. Define ainda como período noturno como iniciando não depois das 22h00 de um dia até, não antes, das 7h00 do dia seguinte, exceto quando o dia seguinte seja domingo, quando o período noturno se estende até as 9h00.

Tabela 2-HH – Níveis de ruído máximos em áreas externas -NBR 10.151(2.000).

Localização Geográfica	Diurno	Noturno
Área de sítios e fazendas.	40 dB	35 dB
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.	50 dB	45 dB
Área mista, predominantemente residencial.	55 dB	50 dB
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	60 dB	55 dB
Área mista, com vocação recreacional.	65 dB	55 dB
Área predominantemente industrial.	70 dB	60 dB

Já a NBR 10.152 (1.987) relaciona os níveis sonoros internos a cada ambiente segundo quatro parâmetros, de acordo com a tabela 2 - II. Níveis abaixo do parâmetro 1 e 3 são consideráveis confortáveis, acima do parâmetro 2 e 4 não são aceitáveis, implicando em máximo de desconforto, sem no entanto, implicar riscos de danos à saúde. Os níveis NC estão relacionados com uma curva padrão. Desenhando-se os resultados obtidos sobre o gráfico de NC, disponível na norma, pode-se verificar em quais freqüências é mais importante atuar para se conseguir o conforto acústico.

Tabela 2-II – Níveis de ruído Máximos em áreas internas - ABNT 02:136.01.001 (2.004).

			dB (A)		NC		
			1	2	3	4	
Hospital	Apartamentos, enfermarias, berçários, centro cirúrgicos		35	45	30	40	
	Laboratório, áreas de uso público		40	50	35	45	
	Serviços		45	55	40	50	
Escolas	Bibliotecas, sala de música, sala de desenho		35	45	30	40	
	Sala de aulas, 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	
	Sala de estar		40	50	35	45	
Auditórios	Salas de concertos, teatros		30	40	25	30	
	Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo		35	45	30	35	
Restaurantes			40	50	35	45	
Escritórios	Salas de reunião		30	40	25	30	
	Salas de gerência, salas de projetos e de 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 de Esportes		45	60	40	55	

A NBR 10.152 (1.987) está em processo de atualização, sendo que a tabela 2-JJ mostra o projeto de norma ABNT 02.135.01-004 (1.999). Nela são relacionados os Ruídos Ambientes Apropriados, para cada recinto.

Tabela 2-JJ - Níveis de ruído Máximos em áreas internas - ABNT 02.135.01-004 (1.999).

Tipo de Recinto	L_{Ra} dB(A)
Academias de Ginástica (procure pelo tipo de recinto específico da academia)	
Anfiteatros para esportes shows w cultos religiosos (sem ocupação)	40-55
Auditórios para música sinfônica e ópera (sem ocupação)	≤ 25
Auditório para palestras (sem ocupação)	30-40
Auditórios (outros / sem ocupação)	25-35
Berçários e creches (sem ocupação)	30-40
Bibliotecas	35-45
Cinemas (sem ocupação)	30-40
Clínicas (procure pelo tipo de recinto da clínica)	
Clubes (procure pelo tipo de recinto do clube)	
Consultório de fonoaudiologia (sem ocupação)	≤ 30
Consultório de psicoterapia (sem ocupação)	≤ 35
Consultórios médicos e dentários (sem ocupação)	35-45
Enfermarias em hospitais	35-45
Escolas (procure pelo recinto escolar específico)	
Escritórios para projeto	40-50
Escritórios privativos (sem ocupação)	35-45
Escritórios de atividades diversas	45-55
Estúdios grandes para rádio, TV e gravação (sem ocupação)	≤ 30
Estúdios pequenos para rádio, TV e gravação (sem ocupação)	≤ 35
Ginásios para esportes (procure “Anfiteatros para esportes”)	
Hospitais (procure recinto hospitalar específico)	
Hotéis (procure pelo tipo do recinto do hotel)	
Igrejas (sem ocupação)	≤ 40
Laboratórios	45-55
Lojas de departamento e lojas de <i>shopping center</i>	40-50
Lojas de promoções	50-60
Lojas de eletrodomésticos	55-65
Museus (sem ocupação)	≤ 40
Quartos em apartamentos residenciais e em hotéis (sem ocupação)	30-40
Quartos de hospitais	35-45
Restaurantes intimistas	35-45
Restaurantes populares	50-60
Restaurantes (outros), refeitórios, cantinas e lanchonetes	40-50
Saguões de aeroportos, estações rodoviárias, metrôviárias e ferroviárias	50-60
Saguões em geral	45-55
Salas de aula (sem ocupação)	35-45
Salas de dança e ginástica rítmica em academias (sem ocupação)	40-50
Salas de espera	40-50
Salas de estar em residências (sem ocupação)	35-45
Salas de jogos carteados	35-45
Salas de jogos (outros)	45-55
Salas de musculação em academias (sem ocupação)	35-45
Salas de treino e competição em academias (sem ocupação)	45-55

Salas de música, TV e <i>Home Theater</i>	30-40
Salas de reunião	30-40
Salas de cirurgia	30-40
Salas de computadores	25-35
Teatros	25-35

Já o projeto de norma ABNT 02:136.01.004 (2.004) relaciona a diferença padronizada de níveis sonoros de cada alvenaria e as classifica por ambiente e por nível de desempenho e é resumida na tabela 2 - KK a seguir:

Tabela 2-KK – Índices de redução Sonora das Alvenarias - ABNT 02:136.01.004 (2.004).

Localização da Alvenaria	Nível de Desempenho [dB]		
	M (mínimo)	I (intermediário)	S (superior)
Fachadas	30	35	40
Paredes entre ambientes de uma mesma unidade habitacional	25	30	35
Paredes de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores, <i>halls</i> e escadarias do pavimento-tipo.	30	35	40
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores, <i>halls</i> e escadarias do pavimento-tipo.	40	45	50
Parede entre uma unidade habitacional e áreas de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, <i>play-ground</i> , salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45	50	55
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40	45	50

Esses valores devem ser obtidos em pesquisa de campo através da aplicação do método descrito na ISO 140-5:1998 ou ISO 10.052, dando-se preferência ao primeiro método. Deverão ser obtidos os valores das oitavas de 125Hz a 2.000 Hz. Na utilização do primeiro método é possível a utilização de terços de oitava entre 100Hz e 3.150Hz. Admite-se uma incerteza de \pm 1dB na medição. Para as alvenarias de fachada só é necessária a verificação de salas e dormitórios.

Pode-se optar pelo ensaio em laboratório, sendo nesse caso, todas as medidas acrescidas em 5 dB. A norma para sua avaliação passa a ser a ISO 140-3:1.995 em bandas de terço de oitava entre 100Hz e 5.000Hz. O erro passa a ser de \pm 2dB, sendo um devido a medição e mais um para se garantir a representatividade da amostra. As alvenarias de fachada devem ser consideradas fachadas cegas.

Caso ainda a habitação esteja localizada próxima a vias de tráfego intenso (rodoviário, ferroviário ou aéreo), acrescer os valores em mais 5 dB.

Como termo de comparação Nepomuceno (1.968), estabelece a tabela 2 - LL, baseada em “Índice de Redução Acústica de Trabalho”, definido em avaliações de modelos reais, diferentes das de laboratório. Constata ainda que as medições em laboratório são bastante diferentes das medições em campo e pondera que esta diferença acontece por se tratar um método estatístico além de eliminar uma série de efeitos secundários nas experiências de laboratório. A tabela abaixo propõe o nível de percepção sonora de uma sala quando em uma sala contígua se estabelece três tipos de Vibração Sonora, sendo estas salas separadas por elementos que propiciem uma redução acústica “real” do fator “R”. É importante avaliarmos qual o nível sonoro do item música avaliado na época.

Tabela 2-LL – Níveis de Redução x Ambiente - NEPOMUCENO (1.968).

R.dB	Conversação Normal	Discussão Violenta	Música
30	Perfeitamente Inteligível	Natural	Bem audível
40	Inteligível	Bem Inteligível	Audível
50	Inteligível	Inteligível	Perceptível
60	Perceptível	Ininteligível	Imperceptível
70	Imperceptível	Perceptível	Imperceptível

Um método comumente utilizado para o aumento do Índice de Redução Acústica é a inclusão de uma camada de ar entre duas de alvenaria. Nepomuceno (1.968), quando cita o trabalho de Spandoeck (1.934), relaciona experimentalmente a existência dessa camada de ar

entre duas paredes na tabela 2 - MM. No mesmo trabalho Nepomuceno (1.968) afirma que um chumaço de algodão nos ouvidos atenua o som de 5 a 8 dB.

Tabela 2-MM – Influência de Camada de Ar no Índice de Redução Acústica – SPANDOECK (1.934).

Espessura de ar entre as das paredes.	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
Aumento no índice de Redução Acústica.	3 dB	4 dB	7 dB	9 dB	10 dB	11 dB	12 dB	12,5 dB

A existência e o tipo do revestimento utilizado em cada alvenaria altera consideravelmente o desempenho acústico da mesma, como mostra Dias e Cincotto (1.995) quando relata que uma parede de concreto apresenta um índice de enfraquecimento acústico de 44dB e que a mesma parede revestida com gesso, com uma espessura de 15mm em um lado, tem o mesmo índice elevado à 58dB.

Na avaliação do desempenho acústico de um ambiente é levado em conta, além do material das vedações – horizontais e verticais – o revestimento que se aplica nessas vedações e, até, o mobiliário e as pessoas que ocuparão esse ambiente, para um estudo da reverberação causada por esse conjunto de elementos. Esse estudo, bem como o das vedações horizontais foge ao escopo desse trabalho.

Na tabela NN temos uma compilação de diversas fontes, sendo que a principal delas é a planilha automatizada “BD Acustica versao 1.2.xls” disponível no endereço eletrônico da FAU USP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como:

<http://www.usp.br/fau/ensino/graduacao/disciplinas/paginas/conforto.html>

Tabela 2-NN - Compilação de Índices de Redução Acústica de Algumas Vedações.

Material	Revestimento	Espessura	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz	Fonte
Tijolo furado 5,0 cm (133kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	8,0 cm	36,0dB	36,0dB	38,0dB	38,0dB	55,0dB	55,0 dB	b
Tijolo furado 8,0 cm (196kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	11,0 cm	36,0dB	36,0dB	39,0dB	39,0 dB	49,0 dB	49,0 dB	b
Tijolo furado 9,0 cm (200kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	12,0 cm	37,0dB	37,0dB	45,0dB	45,0dB	60,0 dB	60,0 dB	b
Tijolo furado 12,0 cm (210kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	15,0 cm	39,0dB	39,0dB	45,0dB	45,0dB	54,0dB	54,0 dB	b
Tijolo furado 13,0 cm (230kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	16,0 cm	35,0dB	35,0dB	48,0dB	48,0dB	59,0dB	59,0dB	b
Tijolo furado 17,0 cm (250kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	20,0 cm	39,0dB	39,0dB	47,0dB	47,0dB	59,0dB	59,0dB	b

Tijolo furado 22,0 cm (340kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	25,0 cm	42,0dB	42,0dB	49,0dB	49,0dB	55,0dB	55,0dB	b
Tijolo furado 8,0 cm (100kg/m ²)	Argamassa 2,0 cm cd face	12,0 cm	34,0dB	34,0dB	38,0dB	44,0dB	48,0dB	48,0dB	b
Tijolo maciço 20,0 cm (340kg/m ²)	Argamassa 2,0 cm cd face	24,0 cm	46,0dB	46,0dB	50,0dB	53,0dB	57,0dB	57,0dB	b
Tijolo maciço 20,0 cm (480kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	23,0 cm	47,0dB	47,0dB	57,0dB	57,0dB	68,0dB	68,0dB	b
Tijolo maciço 12,0 cm (230kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	15,0 cm	38,0dB	38,0dB	45,0dB	45,0dB	60,0dB	60,0dB	b
Tijolo maciço 11,0 cm (200kg/m ²)	Gesso 1,5 cm em cd face	14,0 cm	33,0dB	33,0dB	45,0dB	45,0dB	57,0dB	57,0dB	b
Tijolo maciço 11,0 cm	Argamassa 1,0 cm cd face	13,0 cm	34,0dB	34,0dB	41,0dB	50,0dB	56,0dB	58,0dB	a
Tijolo maciço 23,0 cm	Argamassa 1,0 cm cd face	25,0 cm	41,0dB	43,0dB	49,0dB	55,0dB	57,0dB	60,0dB	a
Placa de concreto 15,0 cm	Argamassa 1,0 cm cd face	17,0 cm	39,0dB	42,0dB	50,0dB	58,0dB	64,0dB	67,0dB	a
Concreto 8,0cm (195kg/m ²)		8,0 cm	37,0dB	37,0dB	46,0dB	46,0dB	61,0dB	61,0dB	b
Concreto 10,0 cm (240kg/m ²)		10,0 cm	43,0dB	43,0dB	53,0dB	53,0dB	54,0dB	54,0dB	b
Concreto 14,0 cm (240kg/m ²)		14,0 cm	45,0dB	45,0dB	55,0dB	55,0dB	68,0dB	68,0dB	b
Concreto 16,0 cm (240kg/m ²)		16,0 cm	48,0dB	48,0dB	58,0dB	58,0dB	70,0dB	70,0dB	b
Concreto 20,0 cm (240kg/m ²)		20,0 cm	49,0dB	49,0dB	60,0dB	60,0dB	71,0dB	71,0dB	b
Concreto leve 12,0 cm (750kg/m ²)		12,0 cm	33,0dB	33,0dB	39,0dB	39,0dB	50,0dB	50,0dB	b
Concreto leve 20,0 cm (750kg/m ²)		20,0 cm	35,0dB	35,0dB	48,0dB	48,0dB	59,0dB	59,0dB	b
Concreto leve 20,0 cm + AR		20,0 cm	41,0dB	41,0dB	50,0dB	50,0dB	61,0dB	61,0dB	b
Concreto Celular Autoclavado (SICAL)	Arg.2,5 cm (incidência) 1,5 cm (interno)	16,5 cm	29,0dB	31,0dB	37,0dB	44,0dB	48,0dB	50,0dB	d
Concreto Celular Autoclavado (SIPOREX)		10,0 cm	32,0dB	26,0dB	26,0dB	36,0dB	43,0dB	50,0dB	e
Div. Fibra de madeira + cimento amianto + ar (29kg/m ²)			33,0dB	33,0dB	44,0dB	44,0dB	52,0dB	52,0dB	a
Div. DURATEX c/ miolo semi-oco papelão(9kg/m ²)			19,0dB	19,0dB	23,0dB	27,0dB	28,0dB	33,0dB	c
Blocos de gesso maciços		7,0 cm	32,0dB	28,0dB	26,0dB	35,0dB	42,0dB	49,0dB	f
Blocos de gesso maciços		10,0 cm	29,0dB	29,0dB	33,0dB	40,0dB	48,0dB	52,0dB	g
Blocos de gesso vazados		7,0 cm	33,0dB	25,0dB	24,0dB	31,0dB	38,0dB	44,0dB	h
Painel de madeira compensada		4,0 cm	26,0dB	27,0dB	24,0dB	27,0dB	34,0dB	42,0dB	i
Tijolo de vidro		8,0 cm	25,0dB	31,0dB	37,0dB	44,0dB	44,0dB	44,0dB	a
a DB Acustica									
b Centre Scientifique et Technique du Batiment - CSTB									
c MADEZATTI S.A.									
d SICAL - IPT 828.144									
e SIPOREX									
f SuperGesso - IPT 914.031 (2.004)									
g SuperGesso - IPT 914.030 (2.004)									
h SuperGesso - IPT 914.032 (2.004)									
i Indústrias Madeitit S.A. IPT 810.011									

2 . 2 . 6 Custos.

O custo de uma alvenaria é, tradicionalmente, calculado pela composição de seus insumos, ou seja, a mão de obra, a argamassa e os blocos ou tijolos. Ampliando o conceito de custo para o Custo Total durante a Vida Total de um sistema o projeto de norma de desempenho trás modificações importantes no modo de se calcular os custos. A figura 2-35 de ABNT 02:136.01.001 (2.004) mostra a degradação do desempenho através do tempo. Cada intervenção aumenta a vida total das alvenarias, no caso em estudo.

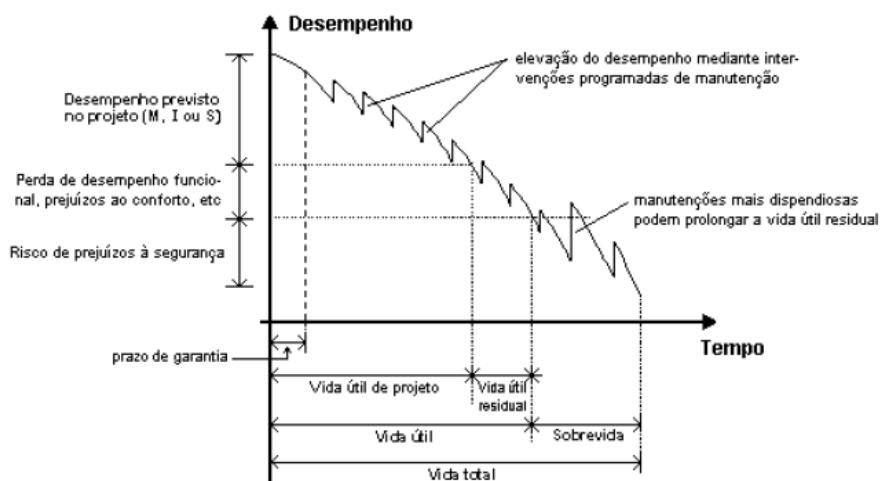


Ilustração 2-35 - Gráfico Desempenho x Tempo (ABNT - 02:136.01.001 (2.004)).

O custo de uma alvenaria deverá ser calculado pelo seu custo inicial adicionado ao de manutenção durante sua Vida Total. O cálculo se torna mais complexo pois os valores envolvidos são uma previsão que deverão ser trazidos a valor presente, através da previsão de uma taxa financeira de interesse, como apresentado na fórmula abaixo apresentada em IPT (1.998?).

$$Custo Global = Custo Inicial + \sum_{i=1}^n A / (1 + a)^i + \sum_{i=1}^n B / (1 + a)^i$$

Sendo:

- j=n= Horizonte Econômico;
- a= Taxa Financeira do Período;
- A= Valor Presente das Intervenções Usuais de Manutenção e
- B= Valor Presente das Intervenções de Grande Porte.

2 . 2 . 6 . 1 Necessidade de Avaliação

Como já vimos no início há os critérios excludentes e os relativos. Até agora apresentamos alguns critérios de desempenho, todos eles excludentes. O critério Custo, por seu caráter relativo, nos mostra o desempenho econômico financeiro de um tipo de alvenaria em relação aos outros. Não se consegue uma boa avaliação de Engenharia, sem se levar em conta a relação Custo x Benefício. Como já levantamos os benefícios que nos interessam avaliar, cabe agora avaliar seu custo.

2 . 2 . 6 . 2 Requisitos a Serem Avaliados.

Até agora focamos nossa atenção principalmente no componente de maior peso e representante da maior área da alvenaria, os blocos e tijolos. Na avaliação dos custos não só o componente de maior massa é importante, mas também a argamassa e o serviço de execução tem um grande peso no desempenho econômico-financeiro de uma alvenaria.

O assentamento das peças que formam a alvenaria é tradicionalmente executado com argamassa. Essa argamassa pode ser industrializada ou não. Além disso a argamassa de assentamento pode ser à base de cimento, de cal, de gesso ou ainda uma combinação desses aglomerantes.

Para que possamos restringir e focalizar esse trabalho optou-se pelo estudo de argamassa de assentamento industrializada ensacada, misturada próximo ao local. Com a adoção desse tipo de argamassa agregamos diversos serviços intermediários ao custo único do saco de argamassa. Esses serviços intermediários são de difícil medição causando uma grande dispersão nos valores encontrados.

O item mão-de-obra tem uma variação ainda maior, dependendo da quantidade a ser executada e do regime de contratação. Contratos por empreitada apresentam índices de

produtividade bem superiores quando comparados com os índices resultantes de mão-de-obra com remuneração fixa. Também o porte da empresa empreiteira, e o volume do serviço empreitado, influenciam diretamente no custo final da mão-de-obra.

2.2.6.3 Valores Referenciais

Souza (2.002) trás um importante estudo sobre a variação dos custos envolvidos na execução de uma alvenaria de vedação de edifícios de múltiplos pavimentos. Nesse estudo apresenta os fatores que maior impacto tem na produtividade dos serviços de elevação de alvenaria, dividindo os fatores em três grupos analisa cada um detidamente, chegando a uma faixa de índices de consumo prováveis, para cada tipo de alvenaria.

Os três grupos analisados são: Mão de obra, Argamassa e Blocos ou Tijolos. Para cada um desses grupos está elencado abaixo os fatores que aumentam o consumo teórico de cada um dos três grupos.

☒ Mão de Obra:

- Preenchimento da junta vertical;
- Densidade alta ou baixa da alvenaria (m^2 de parede / m^2 de piso);
- Grande presença de paredes muito altas ou muito baixas;
- Demora na execução de um pavimento;
- Grande espessura da parede;
- Alta rotatividade;
- Falha no pagamento dos funcionários;
- Alta de Material e
- Quebra ou indisponibilidade de transporte vertical.

☒ Argamassa:

- Componentes de alvenaria pequenos;
- Preenchimento de todas as juntas verticais;
- Uso de colher de pedreiro (ao invés de bisnaga ou paleta);
- Dosagem da argamassa na obra;
- Inexistência de procedimento de dosagem na obra;
- Transporte de argamassa não racionalizado;
- Paredes curtas;
- Projeto incompleto ou com indefinições;
- Necessidade de acerto da modulação com argamassa;
- Componentes com furos e
- Furos dos blocos na horizontal.

- ☒ Blocos ou tijolos:
 - Blocos de menor espessura;
 - Blocos cortados para acerto da modulação no local;
 - Paredes pequenas;
 - Blocos de má qualidade;
 - Blocos não paletizados;
 - Número de blocos aleatórios nas frentes de trabalho;
 - Não existência de projetos de alvenaria;
 - Corte do componente feito no local com a própria colher;
 - Não existência de controle de qualidade e quantidade no recebimento e
 - Não existência de procedimento de execução.

Baseado nesses fatores, Souza (2.002) apresenta as seguintes tabelas de consumo de insumos. Agregamos à tabela os custos praticados no mercado de São Paulo-SP, levantados pelo periódico “Construção Mercado” de março de 2.006, o valor da argamassa foi levantado no mesmo periódico de junho de 2.004, na seção Custo Comparado e os componentes foram considerados para a execução de uma alvenaria de 10,0 cm de espessura, antes do revestimento. Esses valores estão apropriados na tabela 2-OO.

Tabela 2-OO - Custos envolvidos na execução diversas alvenarias – SOUZA (2.002).

Bloco	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
			Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Cerâmico								
Pedreiro	Hh	7,21	0,51	0,67	0,74	R\$ 3,68	R\$ 4,83	R\$ 5,34
Servente	Hh	6,06	0,26	0,34	0,37	R\$ 1,58	R\$ 2,06	R\$ 2,24
Argamassa	I	0,156	5,3	13,8	43,5	R\$ 0,83	R\$ 2,15	R\$ 6,79
Bloco	Unid.	0,28	23,36	25,17	28,34	R\$ 6,54	R\$ 7,05	R\$ 7,94
						R\$ 12,62	R\$ 16,09	R\$ 22,30

Bloco	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
			Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Vedação								
Pedreiro	Hh	7,21	0,51	0,74	0,98	R\$ 3,68	R\$ 5,34	R\$ 7,07
Servente	Hh	6,06	0,26	0,37	0,49	R\$ 1,58	R\$ 2,24	R\$ 2,97
Argamassa	I	0,156	5,3	14,7	37	R\$ 0,83	R\$ 2,29	R\$ 5,77
Bloco	Unid.	1,09	12,63	13,5	14,38	R\$ 13,76	R\$ 14,72	R\$ 15,67
						R\$ 19,84	R\$ 24,59	R\$ 31,48

Bloco	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
			Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Estrutural								
Pedreiro	Hh	7,21	0,51	0,74	0,98	R\$ 3,68	R\$ 5,34	R\$ 7,07
Servente	Hh	6,06	0,26	0,37	0,49	R\$ 1,58	R\$ 2,24	R\$ 2,97
Argamassa	I	0,156	5,3	14,7	37	R\$ 0,83	R\$ 2,29	R\$ 5,77
Bloco	Unid.	1,45	12,50	12,88	13,50	R\$ 18,13	R\$ 18,67	R\$ 19,58
						R\$ 24,20	R\$ 28,54	R\$ 35,38

Concreto		Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
Celular				Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Pedreiro	Hh	7,21	0,3	0,4	0,6	R\$ 2,16	R\$ 2,88	R\$ 4,33	
Servente	Hh	6,06	0,15	0,2	0,3	R\$ 0,91	R\$ 1,21	R\$ 1,82	
Argamassa	I	0,156	3,6	6,2	10,4	R\$ 0,56	R\$ 0,97	R\$ 1,62	
Bloco	Unid.	3,36	5,55	5,66	5,83	R\$ 18,65	R\$ 19,02	R\$ 19,58	
						R\$ 22,28	R\$ 24,08	R\$ 27,35	

Tijolo		Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
Maciço				Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Pedreiro	Hh	7,21	0,9	1,6	2,6	R\$ 6,49	R\$ 11,54	R\$ 18,75	
Servente	Hh	6,06	0,45	0,8	1,3	R\$ 2,73	R\$ 4,85	R\$ 7,88	
Argamassa	I	0,156	22	43	77	R\$ 3,43	R\$ 6,71	R\$ 12,01	
Bloco	Unid.	0,14	110,00	115	148,00	R\$ 15,40	R\$ 16,10	R\$ 20,72	
						R\$ 28,05	R\$ 39,19	R\$ 59,36	

Comparando os melhores e piores custos da alvenaria de blocos de vedação temos, na melhor situação o bloco representando quase 70% (69,4%) do valor da alvenaria e a argamassa menos de 5,0% (4,18%). Na pior situação os blocos passam a representar menos de 50% (49,8%) do custo da alvenaria e a argamassa passa para quase 20% (18,3%) desse custo.

A ABNT 02:136.01.001 (2.004) propõe ainda que as alvenarias não estruturais deverão ter uma Vida Útil de Projeto definida. Sendo essa vida maior ou igual a 15 anos a alvenaria será designada como de desempenho Mínimo, para uma vida maior ou igual a 20 anos será de desempenho Intermediário e se for maior ou igual a 30 anos será considerada de desempenho Superior.

Capítulo 3. CONCLUSÕES.

Serão aqui apresentados os tipos de alvenarias nas quais os fabricantes forneceram resultados de ensaios realizados em laboratório acreditados. Como se nota há uma falta de dados considerável, seja de ensaios completos de cada fornecedor, seja de alguns tipos de alvenaria que não foi possível levantar dados confiáveis. Foram consultadas as empresas mais representativas de cada componente de cada tipo de alvenaria.

Esperava-se que componentes mais comuns, como os tijolos maciços e blocos cerâmicos furados de vedação só apresentassem dados referenciais em trabalhos de mestrado ou doutorado. Pouco se encontrou a esse respeito. Contato com alguns pesquisadores, que desenvolvem trabalhos relacionados a desempenho de alvenarias, mostraram-se infrutíferos, não havendo interesse em disponibilizar o material pesquisado. Outros trabalhos, como os programas de acústica desenvolvidos na FAU-USP, ao contrário, apresenta seu banco de dados aberto e referenciado.

Abaixo esse trabalho fica finalizado com a apresentação dos dados disponíveis. Como se notará são parcós e incompletos. Tal situação poderá se alterar com a entrada em vigor da tão citada Norma de desempenho para habitações, que poderá ser um importante veículo de transformação, como foi o caso do Código de Defesa do Consumidor. Apesar de incompleto fica aqui uma metodologia que, se não foi exaustiva, se mostra de fácil aplicação e comparação.

3 . 1 ***Blocos Cerâmicos Racionalizados Estrutural.***

URALITA Industria e Comércio Ltda.

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos cerâmicos autoportantes e de vedação.

Resistências: 2,5 MPa e 6,0 MPa.

Dimensões (1 x h x e): 39,0 cm x 19,0 cm x (7,0cm/9,0cm/11,5cm/14,0cm e 19,0cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	141 mm x Laudo: E74.506/03	192 mm x Falcão Bauer	293 mm Norma: NBR 7.171/	± 3 mm
Características geométricas	Esquadro face assentamento	Esquadro face revestimento	Planeza	Espessura da Parede
Pior Valor	3 mm	2 mm	3 mm	10 mm
Limite	3 mm	3 mm	3 mm	Acima de 7 mm
Absorção de água:	15,7%	Laudo: E74.506/03	Falcão Bauer	Norma: 7.171/

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno): _____ cm³ após _____ h

Tipo de revestimento : _____
Laudo: _____ Norma: _____

Método IPT (Externo): _____ cm³ Após _____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ Norma: _____

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica: $\lambda =$ [W/(m.K)] Laudo: _____ Norma: _____

Calor específico: $c =$ [Kj/(kg.K)] Laudo: _____ Norma: _____

Densidade de massa aparente: $\rho =$ [kg/m³] Laudo: _____ Norma: _____

Paredes:

Resistência Térmica: $R =$ _____ [(m².K)/W]

Capacidade Térmica: $C =$ _____ [kJ/(m².K)]

Atraso Térmico: $\varphi =$ _____ [h]

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ Norma: _____

Resistência ao Fogo (14,0 X 19,0 X 39,0 cm Estrutural):

Corta fogo: 2,0 h Para chama 3,0 h

Tipo de revestimento : 15,0 mm de argamassa não especificada de cada lado

Laudo 23.797/86/IPT(86) Norma: NBR 10.636/89

Resistência Mecânica (14,0 X 19,0 X 29,0 cm Estrutural):

Resistência à Compressão dos elementos:		12,56 Mpa	Laudo: USP-SC(99)		Norma: NBR 6.461		
Fator de Eficiência (parede/elemento):		0,33	Laudo: USP-SC(99)				
Corpo Mole							
Energia		960 J	720 J	480 J	360 J	240 J	180 J
Deslocamento	<i>Instantâneo</i>				2,8mm		1,6mm
Máximo						1,3mm	0,6mm
Deslocamento Residual Máximo				0,0mm		0,0mm	0,0mm
Ocorrência				N.O.	N.O.	N.O.	N.O.
		Laudo: T.T040 / TESTIN(99)			Norma: NBR ME 43/81		
Corpo Duro							
Energia		20 J		10 J		3,75 J	
Deslocamento	<i>Instantâneo</i>						
Máximo							
Deslocamento Residual Máximo							
Ocorrência		Laudo: ???			Norma: 13.439 / ??		
Carga Concentrada							
Carga (kN)		0,8 kN		1,0 kN		1,2 kN	
Deslocamento	<i>Instantâneo</i>						
Máximo							
Deslocamento Residual Máximo							
Ocorrência		Laudo: ???			Norma: 13.439 / ??		

Desempenho acústico (___ X ___ X ___ cm):

Freqüência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Perda de Transmissão									
Absorção									
Freqüência (Hz)	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000
Perda de Transmissão									
Absorção									
	<i>CTSA =</i>			<i>RW =</i>					
Tipo de revestimento									

3 . 2 *Blocos de Concreto Racionalizados de Vedação.*
GLASSER Pisos e Pré-Moldados Ltda.

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos cerâmicos autoportantes e de vedação.

Resistências: ____ MPa e ____ MPa.

Dimensões (l x h x e): ____ cm x ____ cm x (____ cm até ____ cm / a cada ____ cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	____ mm x Laudo:	____ mm x Norma:	____ mm ± ____ mm
Características geométricas	Esquadro face assentamento	Esquadro face revestimento	Planeza
Pior Valor	____ mm	____ mm	Espessura da Parede
Limite	____ mm	____ mm	____ mm Acima de ____ mm
Absorção de água:	____ %	Laudo:	Norma: ____

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno): ____ cm³ após ____ h

Tipo de revestimento : _____
Laudo: _____ Norma: _____

Método IPT (Externo): ____ cm³ Após ____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ Norma: _____

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica: $\lambda =$ ____ [W/(m.K)] Laudos: _____ Norma: _____
 Calor específico: $c =$ ____ [KJ/(kg.K)] Laudos: _____ Norma: _____
 Densidade de massa aparente: $P =$ ____ [kg/m³] Laudos: _____ Norma: _____

Paredes:

Resistência Térmica: $R =$ _____ [(m².K)/W]

Capacidade Térmica: $C =$ _____ [kJ/(m².K)]

Atraso Térmico: $\varphi =$ _____ [h]

Tipo de revestimento : _____
Laudo: _____ Norma: _____

Resistência ao Fogo (____ X ____ X ____ cm):

Corta fogo: ____ h Para chama ____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ Norma: _____

Resistência Mecânica(X X cm):

<i>Resistência à Compressão dos elementos:</i>	<i>Mpa</i>	<i>Laudo:</i>	<i>Norma:</i> _____
<i>Fator de Eficiência (parede/elemento):</i>		<i>Laudo:</i>	
<i>Corpo Mole</i>			
<i>Energia</i>	960 J	720 J	480 J
<i>Deslocamento</i>	<i>Instantâneo</i>	360 J	240 J
<i>Máximo</i>		180 J	120 J
<i>Deslocamento Residual Máximo</i>		60 J	
<i>Ocorrência</i>			
	<i>Laudo:</i> _____		<i>Norma:</i>
<i>Corpo Duro</i>			
<i>Energia</i>	20 J	10 J	3,75 J
<i>Deslocamento</i>	<i>Instantâneo</i>		2,5 J
<i>Máximo</i>			
<i>Deslocamento Residual Máximo</i>			
<i>Ocorrência</i>			
	<i>Laudo:</i> ???		<i>Norma:</i> / ??
<i>Carga Concentrada</i>			
<i>Carga (kN)</i>	0,8 kN	1,0 kN	1,2 kN
<i>Deslocamento</i>	<i>Instantâneo</i>		
<i>Máximo</i>			
<i>Deslocamento Residual Máximo</i>			
<i>Ocorrência</i>			
	<i>Laudo:</i> ???		<i>Norma:</i>

Desempenho acústico (60,0 X 30,0 X 12,5 cm):

Custos (— X— X— mm):

Concreto	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
Estrutural			Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Pedreiro	Hh	5,24	0,51	0,74	0,98	R\$ 2,67	R\$ 3,88	R\$ 5,14
Servente	Hh	4,49	0,26	0,37	0,49	R\$ 1,17	R\$ 1,66	R\$ 2,20
Argamassa	I	0,167	5,3	14,7	37	R\$ 0,88	R\$ 2,45	R\$ 6,18
Bloco	Unid.							

3 . 3 **Blocos de Concreto Celular.**

SICAL Industrial S/A

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos cerâmicos autoportantes e de vedação.

Resistências: 2,5 MPa e 4,5 MPa.

Dimensões (1 x h x e): 30,0 cm x 60,0 cm x (10,0cm até 30,0 cm / a cada 2,5 cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	_____ mm x Laudo:	_____ mm x Norma:	_____ mm Norma:	± _____ mm
Características geométricas	Esquadro face assentamento	Esquadro face revestimento	Planeza	Espessura da Parede
Pior Valor	_____ mm	_____ mm	_____ mm	_____ mm
Limite	_____ mm	_____ mm	_____ mm	Acima de _____ mm Norma:
Absorção de água:	15,7%	Laudo: E74.506/03 Falcão Bauer	Norma: 7.171 /	

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno):	_____ cm ³	após _____ h	
Tipo de revestimento :	_____	Laudo: _____	Norma: _____
Método IPT (Externo):	0,0 cm ³	Após 7,0 h	Sem manchas de umidade
Tipo de revestimento :	0,5 cm de argamassa de cimento, cal e areia (1:1:6) lado externo	Laudo: 680.154 / IPT (83)	Norma: ???

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica:	$\lambda = 0,12$ [W/(m.K)]	Laudo: ???? IPT(91)	Norma: ????
Calor específico:	$c =$ [Kj/(kg.K)]	Laudo:	Norma:
Densidade de massa aparente:	$P = 430$ a 450 [kg/m ³]	Laudo:	Norma: NBR13.440/??

Paredes:

Resistência Térmica:	$R =$ _____ [(m ² .K)/W]
Capacidade Térmica:	$C =$ _____ [kJ/(m ² .K)]
Atraso Térmico:	$\varphi =$ _____ [h]
Tipo de revestimento :	_____
	Laudo: _____ Norma: _____

Resistência ao Fogo (60,0 X 30,0 X 15,0 cm):

Corta fogo:	6,0 h	Para chama	6,0 h
Tipo de revestimento :	1,0 cm de argamassa de cimento, cal e areia (1:2:9) ambos os lados	Laudo 799.427 / IPT(??)	Norma: NBR 10.636/89

Resistência Mecânica ($60,0 \times 30,0 \times 15,0 \text{ cm}$):

Resistência à Compressão dos elementos:		2,5 MPa	Laudo:		Norma: NBR 13.439				
Fator de Eficiência (parede/elemento):			Laudo:						
Corpo Mole									
Energia		960 J	720 J	480 J	360 J	240 J	180 J	120 J	60 J
Deslocamento	Instantâneo								
Máximo									
Deslocamento Residual Máximo									
Ocorrência									
		Laudo:		Norma:					
Corpo Duro									
Energia			20 J		10 J		3,75 J		2,5 J
Deslocamento	Instantâneo								
Máximo									
Deslocamento Residual Máximo									
Ocorrência									
		Laudo: ???		Norma: 13.439 / ??					
Carga Concentrada									
Carga (kN)			0,8 kN		1,0 kN		1,2 kN		
Deslocamento	Instantâneo								
Máximo									
Deslocamento Residual Máximo									
Ocorrência									
		Laudo: ???		Norma: 13.439 / ??					

Desempenho acústico ($60,0 \times 30,0 \times 12,5 \text{ cm}$):

Freqüência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Perda de Transmissão	30	29	34	31	31	31	34	37	38
Absorção									
Freqüência (Hz)	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000
Perda de Transmissão	41	44	46	47	48	51	51	50	
Absorção									
	CTSA = 41				RW = 41				
Tipo de revestimento	Argamassa: Externa 1:1:6 c/ 2,5 cm e Interna 1:2:9 c/ 1,0 cm								
	Laudo: ??? IPT(91)		Norma: ASTM E413 / ISO 717-1						

Custos ($\text{m} \times \text{m} \times \text{cm}$):

Concreto	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m²			R\$/m²		
Celular			Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
Pedreiro	Hh							
Servente	Hh							
Argamassa	I							
Bloco	Unid.							

3 . 4 **Blocos de Gesso.**

SUPERGESSO S/A.

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos de gesso maciço.

Resistências Nominais: 4,5 MPa.

Dimensões (1 x h x e): 66,6 cm x 50,0 cm x 7,0 cm (___ cm até ___ cm / a cada ___ cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	___ mm x Laudo:	___ mm x Norma:	___ mm ± ___ mm
Características geométricas	Esquadro face assentamento	Esquadro face revestimento	Planeza
Pior Valor	___ mm	___ mm	Espessura da Parede
Limite	___ mm	___ mm	___ mm Acima de ___ mm
Absorção de água:	25 %	Laudo: ???	Norma: ___

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno):	_____ cm ³	após _____ h	
Tipo de revestimento :	_____	Laudo: _____	Norma: _____
Método IPT (Externo):	___ cm ³	Após ___ h	
Tipo de revestimento :	_____	Laudo: _____	Norma: _____

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica:	$\lambda =$ _____ [W/(m.K)]	Laudo:	Norma:
Calor específico:	$c =$ _____ [Kj/(kg.K)]	Laudo:	Norma:
Densidade de massa aparente:	$P =$ _____ [kg/m ³] Laudo:		Norma:

Paredes:

Resistência Térmica:	$R =$ 0,23	[(m ² .K)/W]	
Capacidade Térmica:	$C =$ _____	[kJ/(m ² .K)]	
Atraso Térmico:	$\varphi =$ _____	[h]	
Tipo de revestimento :	_____	Laudo: ???	Norma: _____

Resistência ao Fogo (66,0 X 50,0 X 7,0 cm):

Corta fogo:	2,0 h	Para chama	___ h
Tipo de revestimento :	_____	Laudo: 906.842 / IPT(04)	Norma: NBR 10.636(89)

Resistência Mecânica (X X mm):

Resistência à Compressão dos elementos:	____Mpa	Laudo:	Norma: ____		
Fator de Eficiência (parede/elemento):		Laudo:			
Corpo Mole					
Energia					
Deslocamento	Instantâneo	960J	720J		
Máximo		480J	360J		
Deslocamento Residual Máximo		240J	180J		
Ocorrência		120J	60J		
Laudo: _____		Norma:			
Corpo Duro					
Energia		20J	10J		
Deslocamento	Instantâneo	3,75J	2,5J		
Máximo					
Deslocamento Residual Máximo					
Ocorrência		Laudo: ???	Norma: / ??		
Laudo: _____		Norma:			
Carga Concentrada					
Carga (kN)		0,8 kN	1,0 kN		
Deslocamento	Instantâneo		1,2 kN		
Máximo					
Deslocamento Residual Máximo					
Ocorrência		Laudo: ???	Norma:		
Laudo: _____		Norma:			

Desempenho acústico (66,0 X 50,0 X 10,0 cm):

Freqüência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630			
Perda de Transmissão	29	32	33	29	28	27	24	26	29			
Absorção												
Freqüência (Hz)	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000			
Perda de Transmissão	31	35	38	40	42	44	47	49	52			
Absorção												
	CTSA =			RW= 33								
Tipo de revestimento												
Laudo: 914.031 / IPT(04)					Norma: ISO 717-1							

Custos (X X mm):

Concreto	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m ²	R\$/m ²		
Celular			Mínimo	Média	Máximo	
Pedreiro	Hh					
Servente	Hh					
Argamassa	I					
Bloco	Unid.					

SUPERGESSO S/A.

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos de gesso maciço.

Resistências Nominais: 4,5 MPa.

Dimensões (l x h x e): 66,6 cm x 50,0 cm x 10,0 cm (____cm até ____cm / a cada ____cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	____ mm x Laudo:	____ mm x Norma:	____ mm ± ____mm
Características geométricas	Esquadro face assentamento	Esquadro face revestimento	Planeza
Pior Valor	____ mm	____ mm	Espessura da Parede
Limite	____ mm	____ mm	____ mm Acima de ____ mm
Absorção de água:	25 %	Laudo: ???	Norma: _____

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno): _____ cm³ após _____ h

Tipo de revestimento : _____
Laudo: _____ Norma: _____

Método IPT (Externo): _____ cm³ Após _____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ Norma: _____

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica: $\lambda =$ _____ [W/(m.K)] Laudos: _____ Norma: _____
Calor específico: $c =$ _____ [KJ/(kg.K)] Laudos: _____ Norma: _____
Densidade de massa aparente: $\rho =$ _____ [kg/m³] Laudos: _____ Norma: _____

Paredes:

Resistência Térmica: $R =$ 0,23 [(m².K)/W]
Capacidade Térmica: $C =$ _____ [kJ/(m².K)]
Atraso Térmico: $\varphi =$ _____ [h]
Tipo de revestimento :
Laudo: ??? Norma: _____

Resistência ao Fogo (66,0 X 50,0 X 10,0 cm):

Corta fogo: 4,0 h Para chama _____ h

Tipo de revestimento :

Laudo 906.840 / IPT(04) **Norma:** NBR 10.636(89)

Resistência Mecânica (X X mm):

Resistência à Compressão dos elementos:	____Mpa	Laudo:	Norma: ____		
Fator de Eficiência (parede/elemento):		Laudo:			
Corpo Mole					
Energia					
Deslocamento	Instantâneo	960J	720J		
Máximo		480J	360J		
Deslocamento Residual Máximo		240J	180J		
Ocorrência		120J	60J		
Laudo: _____		Norma:			
Corpo Duro					
Energia		20J	10J		
Deslocamento	Instantâneo	3,75J	2,5J		
Máximo					
Deslocamento Residual Máximo					
Ocorrência		Laudo: ???	Norma: / ??		
Laudo: _____		Norma:			
Carga Concentrada					
Carga (kN)		0,8 kN	1,0 kN		
Deslocamento	Instantâneo	1,2 kN			
Máximo					
Deslocamento Residual Máximo					
Ocorrência		Laudo: ???	Norma:		
Laudo: _____		Norma:			

Desempenho acústico (66,0 X 50,0 X 10,0 cm):

Freqüência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630		
Perda de Transmissão	33	29	27	28	29	27	30	33	35		
Absorção											
Freqüência (Hz)	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000		
Perda de Transmissão	38	40	43	46	48	50	51	52	55		
Absorção											
	CTSA =				RW= 38						
Tipo de revestimento											
Laudo: 914.030 / IPT(04)					Norma: ISO 717-1						

Custos (X X mm):

Concreto	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m ²	R\$/m ²		
Celular			Mínimo	Média	Máximo	
Pedreiro	Hh					
Servente	Hh					
Argamassa	I					
Bloco	Unid.					

SUPERGESSO S/A.

Descrição do tipo de alvenaria:

Blocos de gesso vazado.

Resistências Nominais: 4,5 MPa.

Dimensões (1 x h x e): 66,6 cm x 50,0 cm x 7,0 cm (???) cm até ____ cm / a cada ____ cm)

Características físicas

Designação do fabricante:

Dimensões e tolerâncias:	_____ mm x Laudo:	_____ mm x Esquadro face assentamento	_____ mm Esquadro face revestimento	_____ mm Planeza	± _____ mm Espessura da Parede
Características geométricas					
Pior Valor	_____ mm Límite	_____ mm	_____ mm	_____ mm Laudo:	_____ mm Acima de _____ mm Norma:
Absorção de água:	25 %	Laudo: ???		Norma: _____	

Estanqueidade à água:

Método Bureta (Interno): _____ cm³ após _____ h

Tipo de revestimento : _____
Laudo: _____ Norma: _____

Método IPT (Externo): _____ cm³ Após _____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: _____ **Norma:** _____

Conforto térmico:

Blocos:

Condutividade Térmica: $\lambda =$ _____ [W/(m.K)] **Laudo:** _____ **Norma:** _____
Calor específico: $c =$ _____ [Kj/(kg.K)] **Laudo:** _____ **Norma:** _____
Densidade de massa aparente: $P =$ _____ [kg/m³] **Laudo:** _____ **Norma:** _____

Paredes:

Resistência Térmica: $R =$ 0,23 [(m².K)/W]

Capacidade Térmica: $C =$ _____ [kJ/(m².K)]

Atraso Térmico: $\varphi =$ _____ [h]

Tipo de revestimento : _____
Laudo: ??? Norma: _____

Resistência ao Fogo (66,0 X 50,0 X 7,0 cm):

Corta fogo: 2,0 h Para chama _____ h

Tipo de revestimento :
Laudo: 906.845 / IPT(04) **Norma:** NBR 10.636(89)

Resistência Mecânica (X X mm):

Resistência à Compressão dos elementos:	____Mpa	Laudo:	Norma: ____
Fator de Eficiência (parede/elemento):			Laudo:
Corpo Mole			
Energia			
Deslocamento	Instantâneo	960J	720J
Máximo		480J	360J
Deslocamento Residual Máximo		240J	180J
Ocorrência		120J	60J
Laudo: _____			Norma:
Corpo Duro			
Energia			20J
Deslocamento	Instantâneo	10J	3,75J
Máximo			2,5J
Deslocamento Residual Máximo			
Ocorrência		Laudo: ???	Norma: / ??
Laudo: _____			Norma:
Carga Concentrada			
Carga (kN)			0,8 kN
Deslocamento	Instantâneo	1,0 kN	1,2 kN
Máximo			
Deslocamento Residual Máximo			
Ocorrência		Laudo: ???	Norma:
Laudo: _____			Norma:

Desempenho acústico (66,0 X 50,0 X 7,0 cm):

Freqüência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630			
Perda de Transmissão	25	33	26	24	25	25	24	24	25			
Absorção												
Freqüência (Hz)	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000			
Perda de Transmissão	27	31	33	35	38	39	42	44	47			
Absorção												
	CTSA =			RW= 30								
Tipo de revestimento												
Laudo: 914.032 / IPT(04)					Norma: ISO 717-1							

Custos (X X mm):

Concreto	Unid.	R\$ / Unid	Unid / m ²	R\$/m ²		
Celular			Mínimo	Média	Máximo	
Pedreiro	Hh					
Servente	Hh					
Argamassa	I					
Bloco	Unid.					

Capítulo 4. BIBLIOGRAFIA

ABCI – Associação Brasileira da Construção Industrializada, **Manual Técnico de Alvenaria**. Projeto Editores Associados, São Paulo, 1.990.

ABERG, O. **Moisture and Mould in Dwellings in a Tropical Coastal Climate**. Lund. Lund University, 1.989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5.628. **Componentes Construtivos Estruturais – Determinação de Resistência ao Fogo**, Rio de Janeiro, 2.001.

_____. NBR 6.123, **Forças Devido ao Vento em Edificações**, Rio de Janeiro. 2.000.

_____. NBR 6.486. **Caixilho para edificação – Janela, fachada-cortina e porta externa Verificação da estanqueidade à água**, Rio de Janeiro. 2.000.

_____. NBR 8.572, **Fixação de Valores de Redução de Nível de Ruído para Tratamento Acústico de Edificações Expostas ao Ruído Aeronáutico**, Rio de Janeiro, 1.984.

_____. NBR 8.949, **Paredes de Alvenaria Estrutural: Ensaio a Compressão Simples**, Rio de Janeiro, 1.984.

_____. NBR 9.077, **Saídas de Emergência em Edifícios**, Rio de Janeiro, 2.001.

_____. NBR 9.442. **Materiais de Construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante**, Rio de Janeiro. 1.986.

_____. NBR 10.151. **Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2.000.

_____. NBR 10.152. **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1.987.

_____. NBR 14.432. **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2.000.

_____. NBR 14.880. **Saídas de emergência em edifícios- Escadas de segurança – Controle de fumaça por pressurização**. Rio de Janeiro. 2.002.

_____. NBR MB-3.256. **Divisórias leves internas moduladas – Verificação da Resistência a impactos**. Rio de Janeiro, 1.990.

_____. 02:135.07-001/2. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator Solar de Elementos e Componentes de Edificações**. Rio de Janeiro, 2.003.

_____. 02:135.07-001/3. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2.003.

_____. 02:136.01.001. **Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2.004.

_____. 02:136.01.002. **Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 2: Estrutura.** Rio de Janeiro, 2.004.

_____. 02:136.01.003. **Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 3: Pisos Internos.** Rio de Janeiro, 2.004.

_____. 02:136.01.004. **Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas.** Rio de Janeiro, 2.004.

AKUTSU, Maria, **Método para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações no Brasil** (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.998.

ALMEIDA, João Batista, **A Proteção Jurídica do Consumidor**, Ed. Saraiva – São Paulo – SP, 2.000.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, **2001 ASHRAE HandbookCD – Fundamentals - F08: Thermal Comfort**, USA, 2.001.

ASSIS, Valério Tadeu de, **Carga de Incêndio em Edifícios de Escritórios – Estudo de caso** (Mestrado): Belo Horizonte/MG-Brasil – Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto - Ouro Preto – MG, 2.001.

ASTM – American Society for Testing and Materials, E413, **Classification for Rating Sound Insulation**, USA, 1.994.

BARBOSA, Miriam Jerônimo, **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares** (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, 1.997.

BAUER, Elton, **Resistência à Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho** (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, 1.987. p.20.

BIRINDELLI, Lucy Inês O.; INOUE, George; JÚNIOR, Luis Prado Vieira, **Paredes Corta-Fogo**, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – São Paulo – SP, 1.987.

CAMARGO, Orlando R., Filho; **Edifícios Especiais: Escritórios, Hotéis, Hospitais, “Shopping-Centers”, Edifícios Abaixo da Rua**, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – São Paulo – SP, 1.987.

CUSTO COMPARADO, **Revista Construção Mercado junho/2.004** – Pini – São Paulo – SP, 2.004

CORPO DE BOMBEIROS, Polícia Militar do Estado de São Paulo, **Regulamento de segurança contra incêndios das edificações e áreas de risco do estado de São Paulo – Decreto Estadual nº 46.076/01**; Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo – SP, 2.005.

DENHAM, K. Microbial Spoilage of Surface Coatings and its Control, **Paint & Resin**, June, 1.987.

DIAS, Alexandre Magno Nogueira; CINCOTTO, Maria Alba, **Revestimento à Base de Gesso de Construção** – Boletim Técnico – PCC 142 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.995.

DILONARDO, Lúcia Fernanda de Souza Pirró, **Avaliação do Uso de Tecnologia Passivas Visando a Eficiência Energética em Edifícios de Escritórios** (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 2.001.

DORNELES, Kellen Almeida, **Estudo de Caso sobre Inércia Térmica de Edificações na Cidade de São Carlos, SP** (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos – São Carlos – SP, 2.004.

EICHLER, Friederich, Patología de la Construcción – Editorial Labor – 1.973.

FERNANDES, Leandro Carlos, **Utilização de Equações Preditivas para Estimativa da Temperatura Interna de Edificações de Interesse Social** (Mestrado), Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Curitiba – PR, 2.005. p.121.

FORD, R.D., **Physical Assessment of Transportation Noise**, *Transportation Noise Reference Book*, University of Salford, UK, England; Great Britain at the University Press, 1.987.

FRANCO, Luiz Sérgio, **O Desempenho do Elemento Parede de Alvenaria Empregado na Alvenaria Estrutural Não Armada, Quando Submetido a Esforços de Compressão** (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.987.

_____, O Desempenho Estrutural e a Deformabilidade das Vedações Verticais In: **TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS – SEMINÁRIO: VEDAÇÕES VERTICIAIS. Anais**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.998.

FROTA, Anésia Barros, **Manual de Conforto Térmico**, Studio Nobel, São Paulo - SP , 2.001.

GONÇALVES, Sérgio Ferreira, **Recuperação das Estruturas de Concreto Submetidas a Incêndio**, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – São Paulo – SP, 1.987.

GOULART, Solange V. G., **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 cidades Brasileiras**, Núcleo de pesquisa em Construção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 1.998.

GRIMM, Clayford T., **Water Permeance of Masonry Walls: A Review of the Literature** In: Masonry: Materials, Properties and Performance. Philadelphia, ASTM STP 778, 1.982. p. 178-199.

HUMPHREYS, H. R., Consultant Architect, **Acoustics, Noise and Buildings**; Faber and Faber ltd., London, 1.958

IFT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, **Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social**; Ed. Mandarim, São Paulo – SP, (1.989?).

KALKSANDSTEIN – INFORMATION. Kalksandstein-technische informationen, Hannover, 1.972.

KAZMIERCZAK, Cláudio de Souza, **Desempenho de Alvenarias de Material Cerâmicos à Penetração de água da Chuva – Uma Análise de Fatores Condicionantes** (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, 1.989. p.25.

KNUDSEN, Vern O., HARRIS, Cyril M., **Acoustical Designing in Architecture**; Acoustical Society of America by the American Institute of Physics, 5^a ed., 1.950.

KRÜGER, Eduardo L., **Avaliação do Desempenho Térmico de Casas Populares**, ENTAC 2.000, 2.000

_____, O Uso de Equações Preditivas na Avaliação do Desempenho Térmico de um Protótipo Habitacional Constituído de Materiais Alternativos, **Revista da ANTAC v.3 n.2 p.85 abr/jun 2.003** – Curitiba – PR, 2.002

LAMBERTS, Roberto, **Conforto Térmico e Estresse Térmico**, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC, 2.002.

LANDI, Francisco R., A Arquitetura e O Incêndio, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – **Anais** – São Paulo – SP, 1.987.

MASSETTO, Leonardo Tolaine, **Estudo da Resistência à Compressão de Alvenarias de Vedação de Componentes Comercializados em São Paulo** (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 2.001.

MASSIGNANI, Ricardo Felipe, **Comparação do Desempenho Térmico de Dormitórios em Diferentes Orientações: Estudo de Caso de um Edifício Residencial em Florianópolis - SC**, Engenharia Civil da Universidade de Santa Catarina – Santa Catarina - SC, 2.004.

MEDEIROS, Rita de Cássia Farias de, **Avaliação de Desempenho de Vedações Verticais Internas em Chapas de Gesso Acartonado Frente à Ação da Umidade** (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 2.004.

MELHADO, Sílvio Burrattino, A Ação do Fogo sobre as Estruturas de Aço, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios”, **Anais** – São Paulo – SP, 1.987.

MITDIERI FILHO, Cláudio Vicente, **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações : proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural** (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.998.

NAPPI, Sérgio Castello Branco, Umidade em Paredes, Congresso Técnico e Científico de Engenharia Civil, **Anais**, Florianópolis - SC – 1.996.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier, **Acústica Técnica**; ETEGIL, São Paulo, 1.968

PAIXÃO, Dinara Xavier da, **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA)**, 2.002.

_____, GERGES, Samir N. Y., **Perda de Transmissão Sonora em Alvenaria de Tijolo Maciço Cerâmico**, ENCAC – COTEDI 2.003, 2.003.

PARKIN, P. H., Principal Scientific Officer Building Research Station, Department of Scientific an Industrial Research, **Acoustics, Noise and Buildings**; Faber and Faber ltd., London, 1.958.

PEREIRA, Tatiana Camargo Alves, **Avaliação de desempenho de sistemas racionalizados de vedação para edifícios com estruturas metálicas** (mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória – ES, 2.001.

PEREZ, Ary Rodrigues, **Umidade nas Edificações** (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.986.

PRZETAK, Louis, **Standard of tails fire-resistive building construction**, McGraw-Hill, USA, 1.977.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S., **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, Editora PINI, 2.003.

RANDALL, Frank A.; PANARESE, William C., **Concrete Masonry Handbook for Architects, Engineers, Builders**, PCA - Portland Cement Association, USA, 1.976. p.57.

RITCHIE, T., **Measure degradation of masonry walls**, National Research Council of Canada, 1.976. (DBR Paper, 693).

RUAS, Álvaro César, **Sistematização da Avaliação de Conforto Térmico em Ambientes Edificados e Sua Aplicação em um Software** (Doutorado), Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 2.002.

SABBATINI, Fernando Henrique, **O Processo Construtivo de Edifícios de Alvenaria Estrutural Sílico-Calcária** (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP - 1.984.

_____, Umidade por Infiltração em Paredes de Alvenaria, III Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção: Patologia das Edificações”, **Anais** - Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1.986. p.69.

_____, **A industrialização e o progresso de produção de vedações: Utopia ou elemento de competitividade empresarial**, 2.001. p.2.

_____, **Notas de aula TG004 “Blocos para alvenaria de vedação – Aula 3c”**, 2.002.

SANTOS, Énio Rodrigues dos, **Tipologia dos Edifícios, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – Anais** – São Paulo – SP, 1.987.

SATO, Neide M. N.; JOHN, Vanderley M.; UEMOTO, Kai L., **Umidade e Crescimento de Microrganismos em Fachadas** – s.d. .

SCARTEZINI, Luís Maurício; JUCÁ, Tatiana Renata; LINHARES, Henrique; TEIXEIRA, Fernando; ANTONELLI, Glydson; CASCUDO, Oswaldo; CARASEK, Helena; **Influência do Preparo da Base na aderência e na Permeabilidade à água dos Revestimentos de Argamassa**, ANTAC – Porto Alegre – RS, 2.002.

SEITO, Alexandre Itiu, **Materiais de Revestimento, Simpósio de Arquitetura e Proteção contra “Incêndios” – Anais** – São Paulo – SP – 1987.

SICAL, **Sistema Construtivo SICAL em Blocos de Concreto Celular Autoclavado**, Sical Industrial S/A – Belo Horizonte – MG, 2.00-?.

SILVA, Valdir Pignatta, **Estruturas de Aço em Situação de Incêndio** (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 1.997.

SOUZA, U. E. L., Gestão de Serviços, **Revista Construção Mercado** - dezembro/2.002 – Pini – São Paulo – SP, 2.002.

SPANDOECK, F. – **Experimentelle Untersuchung der akustischen Eigenschaften von Baustoffen durch die Kurztonmethode** – Ann. Physik 20, 1.934.

TAYLOR, S. Martin; WILKINS, Peter A., **Health Effects, Transportation Noise Reference Book**, Berkshire, England; Great Britain at the University Press, 1.987.

THOMAZ, Ercio, **Trincas em Edifícios**, São Paulo – SP, Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1.989.

ULSAMER, Federico, **Humidade na Construção Civil**, Gráfica Europam, Barcelona, 1.975. p.78.

URALITA, Cerâmica Selecta, **Ensaios de Compressão Simples de Alvenaria de Blocos Cerâmicos**, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – São Carlos – SP, 1.999.

VALLET, Michel PhD, Institut National de Recherche Sur Les Transports et Leur Sécurité, Bron, France, **Sleep Disturbance, Transportation Noise Reference Book**, Berkshire, England; Great Britain at the University Press, 1.987.

VILATÓ, Rolando Ramirez, **Influência do preenchimento das juntas verticais entre componentes no comportamento da alvenaria estrutural** (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo – SP, 2.004.

Capítulo 5. ANEXOS.

5 . 1 Anexo A – Resistência de Paredes ao Fogo – CORPO DE BOMBEIROS (2.005).

Paredes Ensaiadas		Características das paredes						Resultado dos ensaios			
		Traço em volume de argamassa			Espessura de argamassa de revestimento (cada face) (cm)	Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas)			Resistência ao fogo (horas)
		Assentamento	Emboço	Reboco				Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos 5cm x 10cm x 20cm: Massa 1,5 Kg)	Meio - tijolo sem revestimento	0:1:5	0:0:0	0:0:0	-	10	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Um tijolo sem revestimento	0:1:5	0:0:0	0:0:0	-	20	395 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	Meio - tijolo com revestimento	0:1:5	1:0:3	1:2:9	2,5	15	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	Um tijolo com revestimento	0:1:5	1:0:3	1:2:9	2,5	25	300 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos) (blocos com dimensões nominais: 14 cm x 19 cm x 39 cm; e 19 cm x 19 cm x 39 cm; e massas de 13 kg e 17 kg respectivamente)	Bloco de 14 cm sem revestimento	1:1:8	0:0:0	0:0:0	-	14	100	≥ 1½	≥ 1½	1½	1½
	Bloco de 19 cm sem revestimento	1:1:8	0:0:0	0:0:0	-	19	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Bloco de 14 cm com revestimento	1:1:8	1:0:3	1:2:9	1,5	17	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Bloco de 19 cm com revestimento	1:1:8	1:0:3	1:2:9	1,5	22	185	≥ 3	≥ 3	3	3
Paredes de tijolos cerâmicos de oito furos (dimensões nominais dos tijolos 10 cm x 20 cm x 20 cm (massa 2,9 Kg)	Meio - tijolo com revestimento	0:1:4	1:0:3	1:2:9	1,5	13	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Um tijolo com revestimento	0:1:4	1:0:3	1:2:9	1,5	23	300 (**)	≥ 4	≥ 4	≥ 4	> 4
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço do concreto em volume, 1 cimento: 2,5 areia média: 3,5 agregado gráudo (granito pedra nº 3): armadura simples posicionada à meia espessura das paredes, possuindo malha de lados 15 cm, de aço CA-50A diâmetro ¼".						11,5	150	2	2	1
							16	210	3	3	3

(*) Paredes sem função estrutural ensaiadas totalmente vinculadas dentro da estrutura de concreto armado, com dimensões 2,8m x 2,8m totalmente expostas ao fogo (em uma face)

(**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos três critérios de avaliação.

Espessura média da camada de assentamento: 1,0 cm.

Traços: Cimento : Cal : Areia

5 . 2 Anexo B–Características Térmicas de Paredes–AKUTSU(1.998).

COD	Descrição	R	C
P01	Externa Alvenaria 1 tijolo maciço revestida 2,0cm argamassa ambas faces	0,37	350
	Interna Alvenaria ½ tijolo maciço revestida 2,0cm argamassa ambas faces	0,21	202
P02	Externa Alvenaria bloco cerâmico 14,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,35	150
	Interna Alvenaria bloco cerâmico 9,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,23	125
P03	Externa Alvenaria bloco cerâmico 14,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,37	350
	Interna Alvenaria bloco cerâmico 14,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,37	350
P04	Externa Alvenaria bloco cerâmico 9,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,37	350
	Interna Alvenaria bloco cerâmico 9,0cm revestida 2,0 cm argamassa ambas faces	0,37	350
P05	Externa Alvenaria bloco estrutural concreto 14,0cm sem revestimento	0,12	129
	Interna Alvenaria bloco concreto vedação 9,0cm sem revestimento	0,06	71
P06	Externa Alvenaria bloco estrutural concreto 14,0cm sem revestimento	0,12	129
	Interna Alvenaria bloco estrutural concreto 14,0cm sem revestimento	0,12	129
P07	Externa Alvenaria bloco concreto vedação 9,0cm sem revestimento	0,06	71
	Interna Alvenaria bloco concreto vedação 9,0cm sem revestimento	0,06	71
P08	Externa Painel de concreto maciço, 2,5cm sem revestimento	0,01	47
	Interna Painel de concreto maciço, 2,5cm sem revestimento	0,01	47
P09	Externa Painel de concreto maciço, 5,0cm sem revestimento	0,03	95
	Interna Painel de concreto maciço, 5,0cm sem revestimento	0,03	95
P10	Externa Painel de concreto maciço, 7,5cm sem revestimento	0,04	142
	Interna Painel de concreto maciço, 7,5cm sem revestimento	0,04	142
P11	Externa Painel de concreto maciço, 10,0cm sem revestimento	0,05	189
	Interna Painel de concreto maciço, 10,0cm sem revestimento	0,05	189
P12	Externa Painel de concreto maciço, 12,5cm sem revestimento	0,07	236
	Interna Painel de concreto maciço, 12,5cm sem revestimento	0,07	236
P13	Externa Painel de concreto maciço, 15,0cm sem revestimento	0,08	284
	Interna Painel de concreto maciço, 15,0cm sem revestimento	0,08	284
P14	Externa Painel de concreto maciço, 2,5cm revestido 1,0cm gesso interno e 2,0cm argamassa externo	0,06	93
	Interna Painel de concreto maciço, 2,5cm revestido 1,0cm gesso ambas faces	0,05	72
P15	Externa Painel de concreto maciço, 2,5cm revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,06	117
	Interna Painel de concreto maciço, 2,5cm revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,06	117
P16	Externa Painel de concreto maciço, 5,0cm revestido 1,0cm gesso interno e 2,0cm argamassa externo	0,07	140
	Interna Painel de concreto maciço, 5,0cm revestido 1,0cm gesso ambas faces	0,06	122
P17	Externa Painel de concreto maciço, 5,0cm revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,08	164
	Interna Painel de concreto maciço, 5,0cm revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,08	164
P18	Externa Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, sem revestimento	0,18	113
	Interna Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, sem revestimento	0,18	113
P19	Externa Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com poliestireno expandido entre eles de 3,0cm, sem revestimento	0,93	114
	Interna Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, sem revestimento	0,18	113
P20	Externa Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm e 2,0cm de revestimento argamassa interno	0,20	141
	Interna Painéis duplos de concreto maciço de 3,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, sem revestimento	0,18	113
P21	Externa Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com espaço de ar entre eles de	0,21	189

		4,0cm, sem revestimento			
P22	Interna	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, sem revestimento	0,21	189	
	Externa	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,26	259	
P23	Interna	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, revestido 2,0cm argamassa ambas faces	0,26	259	
	Externa	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, revestido 1,0cm gesso face interna e 2,0cm argamassa face externa	0,25	235	
P24	Interna	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com espaço de ar entre eles de 4,0cm, revestido 1,0cm gesso face interna e 2,0cm argamassa face externa	0,25	235	
	Externa	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com 4,0cm de terra entre eles, revestido 1,0cm gesso face interna e 2,0cm argamassa face externa	0,17	283	
P25	Interna	Painéis duplos de concreto maciço de 5,0cm, com 4,0cm de terra entre eles, revestido 1,0cm gesso face interna e 2,0cm argamassa face externa	0,17	283	
	Externa	Painéis sanduíche miolo de poliestireno expandido 4,0cm e revestimento argamassa 3,0cm ambas faces	1,39	85	
P26	Interna	Painéis sanduíche miolo de poliestireno expandido 4,0cm e revestimento argamassa 5,0cm ambas faces	1,39	85	
	Externa	Painéis sanduíche miolo de poliestireno expandido 4,0cm e revestimento argamassa 5,0cm ambas faces	1,43	140	
P27	Interna	Painéis madeira maciça 2,0 cm, com espaço de ar entre eles de 5,0cm	0,35	52	
	Externa	Painéis madeira maciça 2,0 cm, com espaço de ar entre eles de 5,0cm	0,35	52	
P28	Interna	Painéis madeira maciça 2,0 cm, com espaço de ar entre eles de 5,0cm	0,35	52	
	Externa	Painéis madeira maciça 1,5 cm, com espaço de ar entre eles de 5,0cm	0,35	39	
P29	Interna	Blocos de concreto celular de 12,0 cm, sem revestimento	0,55	57	
	Externa	Blocos de concreto celular de 12,0 cm, sem revestimento	0,55	57	
P30	Interna	Painéis duplos de cimento-amianto com 6,0mm com miolo de madeira compensada de 28,0mm	0,22	54	
	Externa	Painéis duplos de cimento-amianto com 6,0mm com miolo de madeira compensada de 28,0mm	0,22	54	